Conference:
Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming

Herausgeber/Editor:
Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim

2001

VDI-MEG
KTBL
AEL

Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2001
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung



Tagung Bau, Technik und Umwelt

Conference

Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming

Conference:

Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming

Herausgeber/Editor:
Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim

2001

VDI-MEG
KTBL
AEL

Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2001

in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung



Die 5. Internationale Tagung
„Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung"
fand am 6. und 7. März 2001 an der Universität Hohenheim statt.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

© 2001 by Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart

ISBN 3-9805559-5-X

Nachdruck, auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung, Übernahme auf Datenträger und Übersetzung nur mit Genehmigung des Instituts für Agrartechnik

Dieser Tagungsband wurde von Dr. Monika Krause zusammengestellt.

Herstellung: LV Druck im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster

Vorwort

Zukunftsorientierte Tierhaltungssysteme sind zunehmend durch die Weiterentwicklung der Informationstechnologie geprägt. Internationale Regelungen werden neue Anstrengungen im Bereich der Umwelttechnik notwendig machen. Neben dem Ziel, das gesamte Forschungsspektrum abzudecken, setzt die 5. Internationale Tagung die Schwerpunkte „Precision Livestock Farming" und „Messung, Bewertung und Minderung von Emissionen".

Insofern sollen die wissenschaftlichen Beiträge Produktionsverfahren und Entwicklungen vorstellen, die unter künftigen Rahmenbedingungen ein optimales wirtschaftliches Ergebnis, eine hohe Produktqualität, eine geringe Umweltbelastung und eine in ethischer und ethologischer Hinsicht verantwortungsbewusste Tierhaltung gewährleisten. Vor diesem Hintergrund soll der Austausch zwischen Forschung, Industrie, Beratung und Praxis gefördert werden.

Die Tagung findet an der Universität Hohenheim statt. Die Universität Hohenheim wurde seit ihrer Gründung als landwirtschaftliche Hochschule zu einer Profil-Universität ausgebaut. Neben den Agrarwissenschaften bietet sie auf ihrem einzigartigen Campus Schwerpunkte in Biologie sowie Lebensmittel-, Ernährungs- und Wirtschaftswissenschaften. Die beiden agrarwissenschaftlichen Fakultäten sind stolz, mit ihren Instituten und Einrichtungen das gesamte Spektrum der Agrarforschung interdisziplinär abzudecken. Die Lehre wird seit dem Wintersemester 1999/2000 als Bachelor- und Masterstudiengang mit modularem Aufbau und Kreditpunktesystem angeboten. Neben den traditionellen Fachrichtungen Tier-, Pflanzen- sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sind Bodenwissenschaften, Agrartechnik und der englischsprachige Studiengang für Tropische Agrarwissenschaften in Deutschland einzigartig.

Preface

Future-oriented housing systems are more and more influenced by information technology. International regulations will make new efforts in environmental technologies necessary. Besides the aim to cover the whole field of research, the 5th International Conference emphasises „Precision Livestock Farming" and „Measurement, Evaluation and Reduction of Emissions".

In this respect the scientific contributions should present technologies and developments which, under future conditions, ensure optimal economic results, high quality products, low environmental impacts, and an ethically and ethologically responsible animal husbandry.

The conference takes place at the University of Hohenheim. Founded as an Agricultural College it has been developed towards a „Profile University". Besides Agricultural Sciences it offers on ist unique campus Biology, Food and Nutrition Sciences and Economics. The Agricultural Faculties are proud to cover the whole spectrum of agricultural research and teaching in an interdisciplinary approach. Since Wintersemester1999/2000 teaching is organized in internationally compatible Bachelor and Master courses including modular structure and credit point system. Besides the traditional majors Animal Sciences, Plant Sciences, Agricultural Economics are Soil Sciences, Agricultural Engineering and (in English language) Tropical Agriculture unique in Hohenheim.

Co-sponsored by European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)
Endorsed by American Society of Agricultural Engineers (ASAE)

Für die finanzielle Unterstützung der Tagung sei folgenden Firmen und Organisationen herzlich gedankt:

Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V.
Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall
Deutsche Forschungsgemeinschaft
Landsiedlung Baden-Württemberg
Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg
Verlag Eugen Ulmer
Viehzentrale Südwest GmbH
WLZ Raiffeisen AG

Druck des Tagungsbandes:

Mit Unterstützung der
Stiftung
Landesbank Baden-Württemberg

LB≡BW

Programmausschuss / Scientific Committee

Vorsitz / Chairman: Prof. Dr. T. Jungbluth, Univ. Hohenheim
Stellvertreter / Vice-chairman: Prof. Dr. Dr. h.c. (AE) H. Schön, TUM-Weihenstephan
Vorsitzender des Ausschusses zur Posterprämierung:
Dr. J.-P. Ratschow, VDI-MEG, LK Münster
Prof. Dr. W. Bessei, Univ. Hohenheim
Prof. Dr. F.-J. Bockisch, FAL Braunschweig
Prof. Dr. W. Büscher, Univ. Halle
Dr. R. Brunsch, ATB Bornim
Dipl.-Ing. agr. H. Kämper, AEL Frankfurt
Prof. Dr. O. Kaufmann, HU Berlin
Prof. Dr. Dir. W. Meier, FAT Tänikon, CH
Prof. Dr. Ir. J.H.M. Metz, IMAG Wageningen, NL
Prof. Dr. H. Seufert, Univ. Gießen
Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe, Univ. Göttingen/Vechta
Dipl.-Kfm. M. Westerkamp, HOWEMA Visbek

Inhaltsverzeichnis Seite

Precision Livestock Farming / Precision Livestock Farming **1**

Precision Livestock Farming - Konzeption, Stand der Forschung, Zukunftsperspektiven 1
Precision Livestock Farming - Concept, state of research, future prospects 9
Schön, H., G. Wendl, M. Klindtworth und J. Harms

Precision Livestock Farming - eine Chance zur Umweltentlastung 10
Precision Livestock Farming - a chance to reduce environmental influences 15
Ratschow, J.-P.

Elektronikeinsatz ermöglicht Precision Livestock Farming in der Schweinehaltung 16
Nordbeck, F.

Experiences in a large - scale dairy farm applying precision animal keeping technique 20
Tóth, L. und J. Bak

Towards socially desirable livestock farming systems in 2040 26
Ketellaar-de Lauwere, C., P. Groot Koerkamp, J. Luttik, K. de Greef, H. Langeveld, G. Backus und S. Spoelstra

Leistungseigenschaften ISO-kompatibler Transponder 32
Performance of ISO-compatible transponders 37
Klindtworth, M., G. Wendl und K. Klindtworth

Experience with three methods of electronic cattle identification 38
Smits, A.C., P.H. Hogewerf, M.C.J. Smits und C.E. van't Klooster

Brunsterkennung und Gesundheitsüberwachung mittels sensorgestützter Funkdatenlogger 44
Oestrus detection and health check with sensor-aided radio data loggers 49
Brehme, U., D. Ahlers, P. Laufeld, P. Scheibl, E. Scherping und D. Werner

Rechnergesteuerte Wiegetröge zur automatischen Erfassung der Futteraufnahme für Rinder, Schweine und Schafe 50
Computer controlled weighing troughs for automatic registration of feed intake for cattle, pigs and sheep 55
Wendl, G., F. Wendling, S. Böck, G. Fröhlich und G. Rödel

Gesetzgebung / Legislation **56**

Internationale Regelungen zur Minderung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen 56
International conventions to abate ammonia emissions from agriculture 61
Dämmgen, U., H. Döhler und C. Berns

Aktuelle Änderungen im deutschen Umweltrecht - Umsetzung der IVU- und der UVP-Richtlinie 62
Current changes in German environmental law – Implementation of the IPPC and EIA-Directive 67
Martin, I.

Beste Verfügbare Techniken (BVT) der Intensivtierhaltung (Schweine und Geflügel) 68
Best Available Technics (BAT) in intensive livestock production (pigs and poultry) 73
Grimm, E. und H. Döhler

Emissionen / Emissions **74**

Wege zur Ermittlung von Spurengas-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 74
Methods to assess trace gas emissions from German agriculture 79
Döhler, H., A. Bergschmidt, W. Berg, R. Brunsch, U. Dämmgen, B. Eurich-Menden, M. Lüttich und B. Osterburg

Anforderungen und Vorgehensweise zur Bestimmung von Emissionsraten aus Ställen als Grundlage für die verfahrenstechnische Bewertung 80
Demands and procedure to determine emission rates from stables as a basis for process evaluation 85
Gronauer, A., B. Rathmer, H. Schön, E. Hartung, G. Brose, E. Gallmann und T. Jungbluth

Zeitauflösendes Ausbreitungsmodell für Geruchsimmissionen 86
Time-resolved dispersion model for odour immissions 91
Wallenfang, O., P. Boeker, F. Koster, R. Croce, M. Griebel, P. Schulze Lammers und B. Diekmann

Tracerverfahren zur Validierung von Ausbreitungsmodellen für Geruchsemissionen 92
Tracer measurements for the validation of odour dispersion models 97
Boeker, P., M. Wittkowski, O. Wallenfang, F. Koster, R. Croce, M. Griebel, B. Diekmann und P. Schulze Lammers

Forschungsergebnisse zu Geruchsemissionen und -immissionen aus der Rinderhaltung 98
Research results at emission and immission of odour from cattle houses 103
Krause, K.-H., E. Grimm, H.-J. Müller und G. Brehme

Dynamik der Geruchsemission aus einem Schweinemaststall 104
Dynamics of odour emissions from a pig farm 109
Brose, G., E. Hartung und T. Jungbluth

Bewertung von Geruchsemissionen in der Nutztierhaltung mittels Chemosensorarray-Technik 110
Evaluation of odour emissions from livestock farming using chemo sensorarray techniques 115
Maier, B., G. Rieß, H.-P. Zeisig, A. Gronauer und H. Schön

Gasförmige Emissionen aus Rinderhaltungen 116
Gaseous emissions from cattle houses 121
Müller, H.-J., M. Gläser, B. Möller und U. Stollberg

Quantifizierung gasförmiger Emissionen aus quer gelüfteten Außenklimaställen
für Mastschweine mit Hilfe der Tracergas-Technik - Ergebnisse 122
Measurement of air exchange- and emission rates in naturally-ventilated pig houses
with tracergas technique - results 127
Niebaum, A. und H. Van den Weghe

Emissionen bei temperatur- und schadgasgeregelter Lüftung in der Mastschweinehaltung 128
Comparison of the emissions of temperature and noxious gas controlled ventilation
systems in stables for fattening pigs 133
Grotz, W., A. Gronauer und H. Schön

Vergleich der Emissionsraten klima- und umweltrelevanter Gase aus
der Mastschweinehaltung in einer Dauermessung 134
Comparison of the emission rates of climatic and ecosystem affecting gases from
fattening pigs during a long-term measurement 139
Rathmer, B., A. Gronauer, H. Schön

Biogas / Biogas **140**

Neue Entwicklungen der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung in Österreich 140
New developments in agricultural biogas production in Austria 145
Amon, T., D. Jeremic und J. Boxberger

Investitionsbedarf landwirtschaftlicher Biogasanlagen und deren Wirtschaftlichkeit 146
Investment and economy of agricultural biogas-plants 151
Oechsner, H. und M. Knebelspieß

Ökonomie der Vergärung von Bioabfällen in landwirtschaftlichen
Kofermentationsanlagen 152
Economics of biogas production from biodegradable wastes in agricultural
co-fermentation plants 157
Schiessl, K. und H. Döhler

Energie / Energie **158**

Prozessenergiekonsum in der Ferkelaufzucht 158
Energy consumption in piglet houses 163
Büscher, W., J. Kluge und W. Frosch

Untersuchungen zum Energieverbrauch geregelter Fußbodenheizungen unter
Berücksichtigung des Liegeverhaltens der Ferkel 164
Investigations on electrical power consumption of controlled underground heating
systems considering the lying behaviour of piglets 169
Ziron, M., S. Häuser und S. Hoy

Elektrischer Leistungs- und Energiebedarf bei verschiedenen Verfahren der Milchgewinnung in unterschiedlichen Betriebsgrößen 170
Electrical power and current consumption of different technical procedures and sizes in dairy farming 175
Clausen, N.

Landwirtschaftliches Bauen / Rural construction **182**

Entwicklung weicher Laufflächen und deren Einfluss auf Lokomotion und Klauengesundheit 182
Development of soft walking areas and investigation of their effects on behaviour and claw health 187
Benz, B., T. Jungbluth und H. Wandel

Auswirkungen unterschiedlich gestalteter Laufflächen auf die Klauengesundheit von Milchkühen 188
Effects of different floor types on claw health of dairy cows 193
Georg, H., W. Meyer, O. Distl und F.-J. Bockisch

Trittsicherheit von Stallfußböden aus Beton 194
Skid-proofing of concrete stable floors 199
Richter, T.

Einfluss von Klimafaktoren auf Milchkühe sowie Wärmeableitung verschiedener Liegeflächen in Offenställen 200
Influence of climate on dairy cows and heat conduction of different lying area surfaces in open houses 205
Zähner, M., M. Keck, W. Langhans, B. Wechsler und R. Hauser

Statische Optimierung von Rindviehställen aus Holz im Berggebiet 206
Optimising the roof structure of cattle houses in mountain regions 211
Van Caenegem, L.

Neubau von Legehennenställen 212
Laying hen houses 217
Gartung, J.

Rinderhaltung / Dairy and cattle housing **218**

Einsatz von Farbmessungen zur Bewertung von Vorgemelken 218
Evaluation of foremilk by spectroscopy 223
Ordolff, D.

Untersuchungen zur Nutzung der Infrarot-Thermographie zur Eutergesundheitskontrolle bei Milchkühen 224
Investigations using infrared-thermographs to monitor udder health in cows 229
Barth, K.

Die Bedeutung einer auf das Euterviertel bezogenen Prozesskontrolle bei der Milchgewinnung 230
The importance of process control in relation to udder quarters in milk production 235
Umstätter, C. und O. Kaufmann

Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Umtriebsformen auf das Tier- und Melkverhalten beim automatischen Melken 236
Influence of different forms of cow traffic on the animal and milking behaviour in automatic milking systems 241
Harms, J., G. Wendl und H. Schön

Veränderungen des Tier- und Melkverhaltens beim automatischen Melken im Laktationsverlauf 242
Changes of animal and milking behaviour in automatic milking systems in the course of the lactation 247
Purucker, S., G. Wendl und H. Schön

Wirtschaftlichkeit von AMS in Abhängigkeit der technischen Kapazität und der baulichen Integration 248
Influence of technical capacity and construction on the economic efficiency of the AMS 253
Kaufmann, R., H. Ammann und R. Hilty

Arbeitswirtschaft in Betrieben mit automatischen Melkverfahren und Melkständen 254
Labour requirements for milking on dairy farms using automatic milking systems 259
Lehmann, B., J. Harms, J. Baumeister, H.-H. Kowalewsky und A. Fübbeker

Modellierung von Arbeitszeitbedarf und Massenfluss am Beispiel verschiedener Melkverfahren 260
Modelling of time requirements and mass flow for different milking systems 265
Schick, M.

Bewertung der Melkarbeit mit Hilfe des LactoCorders bei einhergehender zytobakteriologischer Analyse der Milch 266
Evaluation of milking by using LactoCorder in combination with cytobacterial analysis of the milk 271
Rittershaus, C., H. Seufert und W. Wolter

Tieraktivitätsmessung mit Pedometern zur Verbesserung des Gesundheits- und Fruchtbarkeitsmanagements in Milchviehherden 272
Animal activity measurement with pedometers to improve health and fertility management in dairy cattle herds 277
Stumpenhausen, J.

Entwicklung einer Rauhfutter-Abrufstation zur Frühentwöhnung von Kälbern 278
Development of a TMR-feeding station for early weaning of calves 283
Büscher, W. und A. Hütter

Tiergewicht und Kraftfutterverzehr als Steuerungsgröße für die automatisierte Tränke von Kälbern 284
Computer controlled milk feeding (closed loop) based on bodyweight or concentrate intake with calves 289
Pirkelmann, H. und F. Freiberger

Automatische Erfassung der Körpertemperatur bei Kälbern während der Tränkeaufnahme - Stand der Produktentwicklung 290
Automatic recording of the body temperature of calves during feeding - State of product development 295
Hildenbrand, M., M. Käck und T. Richter

Schweinehaltung / Pig housing **296**

Auswertung des Verhaltens von Tieren mit einem automatischen Bildanalysesystem am Beispiel von Aufzuchtferkeln 296
Automatic image analysis of animal behaviour rearing piglets taken as an example 301
Haidn, B. und M. Freiberger

Ethologische und produktionsrelevante Einflüsse des Tier-Fressplatz-Verhältnisses bei der Fütterung von Mastschweinen an Rohrbreiautomaten 302
The effect of the animal/feeding place ratio on the behaviour and performance of fattening pigs fed at a tube feeder 307
Kircher, A., R. Weber, B. Wechsler und T. Jungbluth

Der Einfluss des Gruppensäugens im Abferkelstall auf die Leistungen, das Säugeverhalten und die Investitionskosten im Vergleich zur ausschließlichen Haltung in Einzelabferkelbuchten 308
The influence of group housing during late lactation on reproductive performance, suckling behaviour and capital expenditure as compared to individual housing 313
Weber, R.

Untersuchungen zu Stallklima und Luftqualität in einem Mastschweinehaltungssystem mit getrennten Klimabereichen 314
Investigations of the indoor climate and air quality of a kennel housing system with separate climatic areas for fattening pigs 319
Gallmann, E., E. Hartung und T. Jungbluth

Die Auswirkung schlechter Stallluft als Folge geringer Luftraten auf Mastleistung und Gesundheit von Mastschweinen 320
The effect of bad stable air quality caused by reduced ventilation rates on performance and health of fattening pigs 324
Bartussek, H., A. Steinwidder, A. Hausleitner, J. Gasteiner, A. Schauer und T. Guggenberger

Sustainable pig production with the Hercules-system 326
Ogink, N., A. Aarnink, A. Hoofs und I. Vermeij

Gruppenhaltungsverfahren für tragende Sauen mit Breinuckelfütterung 332
Husbandry of sows in groups with suckling feed dispensers 337
Cielejewski, H. und B. Feller

Untersuchung zur oralen Applikation eines Altrenogests durch den Breinuckel "Fitmix" im Rahmen der biotechnischen Brunst- und Ovulationssynchronisation von Jungsauen 338
The Aplication of an Altrenogest during Oestrus Synchronization by using the Breinuckel „Fitmix" 343
Schwarz, H.-P., M. Schlemmer und H. Seufert

WEDA ECOBEST - System zur Bearbeitung und Beseitigung von Gülle 344
Fahlbusch, K.

Türlose Abrufstation System „Belados" 350
Doorless demand station system „Belados" 355
Vieregge, C.-J.

Geflügelhaltung / Poultry housing **356**

Neue Haltungssysteme für Legehennen - Aktueller Stand der Nutzung ausgestalteter Käfige für Legehennen 356
New keeping systems for lying hens – The state of using of new furnished cages for lying hens 361
Brade, W.

Das Emissionsverhalten von Geflügelmist beim Einsatz unterschiedlicher Einstreumaterialien 362
The emission behaviour of poultry manure using different litter materials 367
Hörnig, G. und R. Brunsch

Arbeitswirtschaftliche Beurteilung der Elterntierhaltung von Puten unter besonderer Berücksichtigung zweier unterschiedlicher Nestsysteme 368
Assessment of work effort in turkey parent stock management with regards to two different nest-systems 373
Müller, D., H.-P. Schwarz und H. Seufert

Posterbeiträge / Poster contribution **374**

"Tierschutzgeprüfte" Produkte: Organisation und Umfang des Marktes und öffentliche Investitionsförderung in Österreich 374
„Animal-welfare-controlled" products: Organisation and extent of the market and public support in Austria 377
Bartussek, H.

Geruchsemissionen aus Güllelagerbehältern 378
Odour emissions from slurry stores 381
Hügle, T. und H. Andree

Wirkung der Einstreu auf umwelt- und klimarelevante Emissionen aus einem Tretmiststall für Mastbullen 382
Ammonia and greenhouse gas emisions from a sloped floor house for fattening bulls and influence of amount of litter 385
Amon, B., T. Amon, J. Boxberger und A. Pöllinger

Energieaufwand, Ammoniakemission und Funktion von Umspülverfahren (Slalomsystem) in der Milchviehhaltung 386
Energy consumetion, ammonia emissions and function of slurry circulation systems (Slalomsystem) in cattle houses 389
Pöllinger, A. und A. Hausleitner

Güllehandhabung auf Knopfdruck - Drehkolbenpumpen als zentrale Pumpstationen für Hof und Feld 390
Slurry management at the tough of a bottom - Pumping stations with rotary pumps for farm yards and field 393
Verhülsdonk, B. und W. Jakob

Observation of the effectiveness of slurry treatment and survival of Salmonella typhimurium in the solid fraction of slurry from an agricultural wastewater treatment plant 394
Venglovsky, J., Z. Pacajova, I. Placha und N. Sasakova

Einsatz von Mähgut landwirtschaftlich nicht genutzter Flächen als Kosubstrat in landwirtschaftlichen Biogasanlagen 398
Co-digestion of green plants and liquid manure in agricultural biogas plants 401
Lemmer, A. und H. Oechsner

Methanproduktion aus Reststoffen von Olivenölfabriken mit Zusatz von Sonnenblumenöl und Rinderflüssigmist 402
Methane production from residue of olive oil plant by the addition of sunflower oil and cattle manure 405
Sözer, S. und O. Yaldiz

Universalgebäude in der Landwirtschaft - Möglichkeiten und Grenzen 406
Universal buildings in agriculture - Possibilities and limits 409
Rittel, L.

Bremswirkung von Windschutzanlagen für Außenklimaställe 410
Braking effect of windshelter for natural ventilated stables 413
Epinatjeff, P., T. Bohl und T. Jungbluth

Konzepte und Systeme für ein energiearmes und kontrolliertes Stallklima bei verschiedenen Schweinehaltungsformen mit kleinen und großen Tiergruppen 414
Van Erp, C.

Beurteilung der raumklimatischen Wirkung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen und deren Anfälligkeit gegenüber mikrobiellem Befall 418
Evaluation of the effect of insulating materials from renewable raw materials on the room climate and their susceptibility in relation to microbial infestation 421
Wieland, H., W. Groth und F.-J. Bockisch

Automatische Melksysteme (AMS) in der Praxis - Bestandsaufnahme in Bayern 422
Automatic milking systems (AMS) in practical use - Situation in Bavaria 425
Sedlmeyer, F., G. Wendl und H. Schön

Ergebnisse zum Einsatz von automatischen Melksystemen (AMS) - Mehrboxenanlagen 426
Results for the application of automatic milking systems (AMS) - multi-box system 429
Artmann, R. und E. Bohlsen

Arbeits- und betreibswirtschaftliche Beurteilung eines automatischen Melksystems (AMS) 430
Labour and managerial assessment of automatic milking systems (AMS) 433
Oberdellmann, P., M. Leiendecker und J. Stumpenhausen

Der Einfluss der Drehzahl eines Melkkarussells auf die Gesamtmelkzeit einer Milchviehherde 434
Bürger, C. und R. Rackwitz

Untersuchungen zur Struktur der Nebenarbeiten beim Melken 438
Investigations of the structure of labour requirement for supplementary work around milking 441
Bilgen, H. und D. Ordolff

Automatische Melkverfahren (AMS) im Praxiseinsatz: Entwicklung der Eutergesundheit und Interpretation von Milchabgabeprofilen 442
Automatic milking systems (AMS): Udder health and milk flow profiles 445
Petermann, M., W. Wolter, C. Rittershaus, B. Kloppert, M. Zschöck und H. Seufert

Sensors to the healthy and quality monitoring on milking 446
Sensoren zur Gesundheits- und Qualitätsüberwachung beim Melken 449
Radev, D., I. Stoyanov und M. Iliev

Einfluss des Milchflusses auf die Druckverhältnisse an verschiedenen Punkten des Melkzeuges 450
The influence of milk flow on the pressure distribution at several points of a milking unit 453
Brunsch, R. und E. Scherping

Stimulation des Milchejektionsreflexes in Fischgrätenmelkständen 454
Stimulation of milk ejection reflex in the herringbone parlor 457
Laurs, A. und J. Priekulis

Einflüsse auf das Liegeverhalten von Milchkühen in verschiedenen Laufstallsystemen 458
Influences on lying behaviour of dairy cows in different loose housing systems 461
Hörning, B. und J. Tost

Einfluß eines Vorrückfreßgitters auf Druckbelastungen und Schäden an den Schultern von Milchkühen 462
Influence of a storage self-feeding system on physical strain and defects at the shoulders of dairy cows 465
Waiblinger, S., V. Reichmann, J. Troxler, H. Dreiseitel, J. Haller und G. Windischbauer

Study of feeder calves structures for medium fattening herds under Egyptian conditions 466
Hatem, M.H., G.M. Abd-ElRahman und N.S. Mahmoud

Der Modulstall - ein leistungsfähiges Komplettstallsystem für die Schweinemast und Schweinezucht 471
The module-stable - an efficient turnkey system for fattening pigs and pig breeding 473
Jeß, H.-J.

Newest tendencies in swine house designing in Latvia 474
Strausa, S.

Der Pig-port: Viel Komfort für wenig Geld 478
Pig-port: Much comfort for a little money 481
Wiedmann, R.

Arbeitswirtschaftlicher Vergleich verschiedener Haltungssysteme im Abferkelbereich 482
Working time needed for sows in different farrowing systems 485
Snell, H., J. Bursch und H. Van den Weghe

Ethologische Beurteilung verschiedener Mastschweine-Haltungsverfahren mit unterschiedlichem Emissionsverhalten 486
Ethological evaluation of housing systems for fattening pigs with different indoor climate 489
Bea, W., E. Hartung, T. Jungbluth und J. Troxler

Verhalten von Mastschweinen im Außenklimastall mit Ruhekisten 490
Behaviour of fattening pigs in outside climate housing with kennels 493
Hornauer, N., B. Haidn und H. Schön

Wirkung von α-Amylase auf das Fließverhalten von Flüssigfutter 494
The influence of α-amylase on the flow behaviour of liquid feed 497
Heinzl, W. und M. Türk

Entwicklung einer automatisierten Konditionsfütterung für Sauen am Brei-Nuckel 498
Development of an automated condition feeding system for sows at the Brei-Nuckel 501
Hesse, A., D. Hesse, F.-J. Bockisch, E. Kallweit und H. Heege

Rohrautomaten für die Fütterung tragender Sauen 502
Tube feeders for feeding of pregnant sows 505
Hoy, S.

Gruppenhaltung von tragenden Sauen am Breinuckel (Fitmix) 506
Group housing of pregnant sows at the Breinuckel (Fitmix) 509
Jais, C.

Untersuchung einer Infrarotstrahlungsplatte für den Ferkelaufzuchtstall 510
Investigation of a new heating system based on radiation heat for piglets 513
Weber, M., P. Stenzel, H. Georg und K.-W. Haake

Heat consumtion structure at large farrow-to-finish pig farm 514
Kuczynski, T., K. Przybyla und M. Jasiewicz

Einfluss der Strukturierung des Liegebereichs einer Gruppenauslaufhaltung
auf das Verhalten der Pferde 518
Effects of structuring of the rest area on the behaviour of group stalled horses 521
Pollmann, U.

The effect of genotype and light intensity formation of cannibalism and growth
in pullets of egg-producing hybrids to the 35 days of age 522
Debreceni, O. und V. Klisky

Einflüsse auf das Liegeverhalten von Milchkühen in verschiedenen Laufstallsystemen 458
Influences on lying behaviour of dairy cows in different loose housing systems 461
Hörning, B. und J. Tost

Einfluß eines Vorrückfreßgitters auf Druckbelastungen und Schäden an den Schultern von Milchkühen 462
Influence of a storage self-feeding system on physical strain and defects at the shoulders of dairy cows 465
Waiblinger, S., V. Reichmann, J. Troxler, H. Dreiseitel, J. Haller und G. Windischbauer

Study of feeder calves structures for medium fattening herds under Egyptian conditions 466
Hatem, M.H., G.M. Abd-ElRahman und N.S. Mahmoud

Der Modulstall - ein leistungsfähiges Komplettstallsystem für die Schweinemast und Schweinezucht 471
The module-stable - an efficient turnkey system for fattening pigs and pig breeding 473
Jeß, H.-J.

Newest tendencies in swine house designing in Latvia 474
Strausa, S.

Der Pig-port: Viel Komfort für wenig Geld 478
Pig-port: Much comfort for a little money 481
Wiedmann, R.

Arbeitswirtschaftlicher Vergleich verschiedener Haltungssysteme im Abferkelbereich 482
Working time needed for sows in different farrowing systems 485
Snell, H., J. Bursch und H. Van den Weghe

Ethologische Beurteilung verschiedener Mastschweine-Haltungsverfahren mit unterschiedlichem Emissionsverhalten 486
Ethological evaluation of housing systems for fattening pigs with different indoor climate 489
Bea, W., E. Hartung, T. Jungbluth und J. Troxler

Verhalten von Mastschweinen im Außenklimastall mit Ruhekisten 490
Behaviour of fattening pigs in outside climate housing with kennels 493
Hornauer, N., B. Haidn und H. Schön

Wirkung von α-Amylase auf das Fließverhalten von Flüssigfutter 494
The influence of α-amylase on the flow behaviour of liquid feed 497
Heinzl, W. und M. Türk

Entwicklung einer automatisierten Konditionsfütterung für Sauen am Brei-Nuckel 498
Development of an automated condition feeding system for sows at the Brei-Nuckel 501
Hesse, A., D. Hesse, F.-J. Bockisch, E. Kallweit und H. Heege

Rohrautomaten für die Fütterung tragender Sauen 502
Tube feeders for feeding of pregnant sows 505
Hoy, S.

Gruppenhaltung von tragenden Sauen am Breinuckel (Fitmix) 506
Group housing of pregnant sows at the Breinuckel (Fitmix) 509
Jais, C.

Untersuchung einer Infrarotstrahlungsplatte für den Ferkelaufzuchtstall 510
Investigation of a new heating system based on radiation heat for piglets 513
Weber, M., P. Stenzel, H. Georg und K.-W. Haake

Heat consumtion structure at large farrow-to-finish pig farm 514
Kuczynski, T., K. Przybyla und M. Jasiewicz

Einfluss der Strukturierung des Liegebereichs einer Gruppenauslaufhaltung
auf das Verhalten der Pferde 518
Effects of structuring of the rest area on the behaviour of group stalled horses 521
Pollmann, U.

The effect of genotype and light intensity formation of cannibalism and growth
in pullets of egg-producing hybrids to the 35 days of age 522
Debreceni, O. und V. Klisky

Precision Livestock Farming - Konzeption, Stand der Forschung, Zukunftsperspektiven

SCHÖN, HANS; GEORG WENDL, MICHAEL KLINDTWORTH UND JAN HARMS

Lehrstuhl und Bayer. Landesanstalt für Landtechnik der TU München-Weihenstephan, 85354 Freising

1 Konzeption

Precision Farming gilt weltweit als innovatives Verfahren des Pflanzenbaues. Durch die Satellitenortung ist eine teilflächenspezifische Bestandsführung auf der Grundlage differenzierter Boden- und Ertragsdaten möglich, ohne auf die technologischen Vorteile einer Großflächenbewirtschaftung zu verzichten. Die Grundidee, Umwelt- und Produktionsdaten exakt und differenziert zu erfassen und danach den Produktionsprozess zu steuern, gilt nicht nur für den Pflanzenbau, sondern auch für die Tierhaltung. Analog dazu bezieht sich Precision Livestock Farming auf eine einzeltierbezogene Datenerfassung, Tierüberwachung, Fütterung und Herdenführung, sowie auf das Melken bei Milchtieren (SCHÖN UND AUERNHAMMER 1999; Abb. 1). Damit ist auch in größeren Herden eine volle Ausschöpfung des genetischen Leistungspotentials jedes Einzeltieres möglich, ohne auf eine tiergerechte Herdenhaltung verzichten zu müssen.

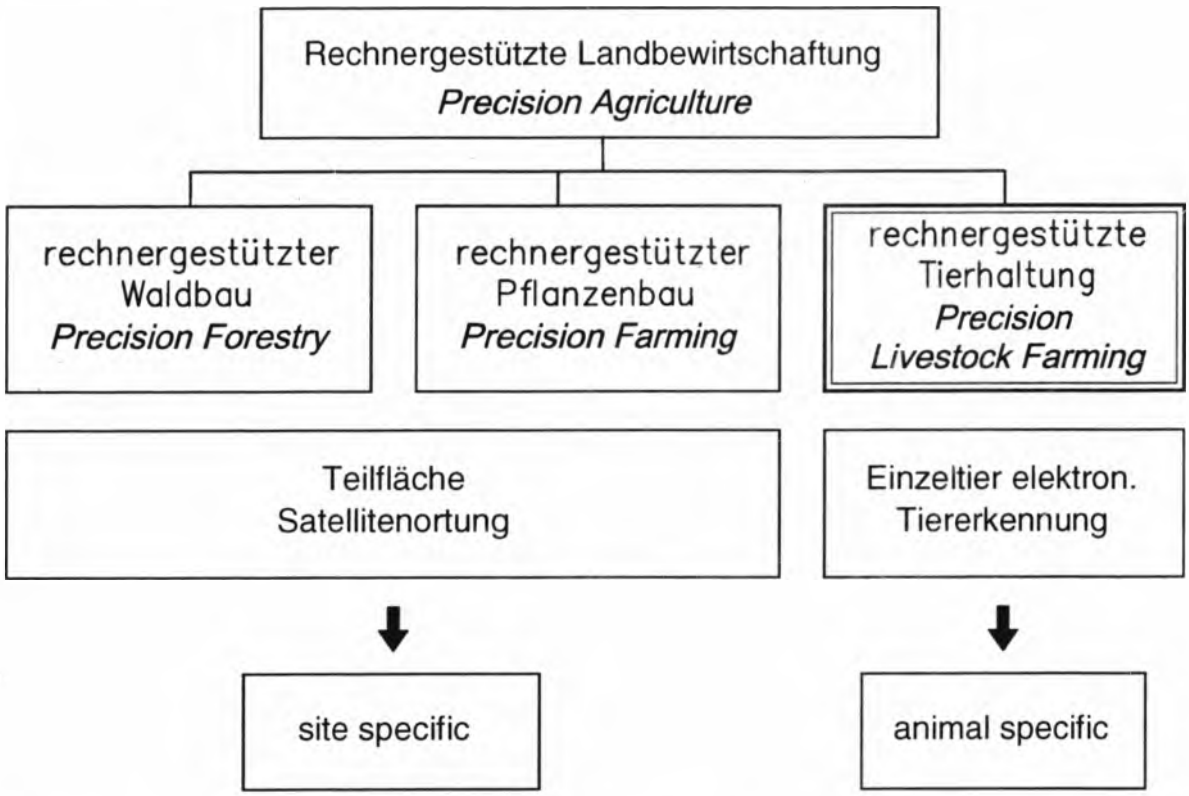


Abb. 1: Rechnergestützte Verfahren in der Landbewirtschaftung
Computer aided methods in agriculture

2 Elektronische Einzeltiererkennung

Schlüsseltechnologie für Precision Livestock Farming ist eine kostengünstige, elektronisch lesbare und zur Kontrolle der Tierherkunft möglichst fälschungssichere Einzeltiererkennung. Systeme der elektronischen Tiererkennung finden Eingang in die Praxis. Seit 1996 etablierte, internationale Standards zur elektronischen Tieridentifizierung (ISO 11 784 und ISO 11 785) legen die Codes für die Tiernummer fest und erlauben es, dass Half-Duplex und Full-Duplex-Transponder mit einem einheitlichen Leser (Transceiver) ausgelesen werden können.

Aufbauend auf den bestehenden ISO-Standards wird derzeit ein neuer Standard für erweiterte Transponder mit zusätzlichem Schreib/Lesespeicher und der Integration von Sensoren (z.B. Temperatur) sowie Authentifikationsverfahren erarbeitet (WENDL ET AL. 1998). Elektronische Tiererkennungssysteme sind als Ohrmarke, als Bolus (nur für Wiederkäuer) und als Injektat einsetzbar. In einem EU-Großversuch zur elektronischen Tierkennzeichnung, IDEA, werden diese Systeme erprobt.

Wichtige Kriterien für den Einsatz elektronischer Tiererkennungssysteme sind:

- preiswerte, robuste Technik
- Funktionssicherheit bei der Nah- und Durchgangserkennung
- universelle Eignung für alle Tierarten
- fälschungssicherer Herkunftsnachweis
- einfache Handhabung bei der Kennzeichnung und der späteren Entsorgung im Schlachthaus.

Eine all diese Anforderungen entsprechende Lösung ist derzeit nicht in Sicht. Bei der Weiterentwicklung der Tiererkennungssysteme werden zwei Wege beschritten:

- Injektate, wobei die Tiererkennung mit Sensoren und Datenspeicher kombiniert wird. Vielversprechende Ansätze gibt es insbesondere bei Temperatursensoren. Nachteilig ist bei Injektaten die „blutige" Kennzeichnung, der eingeschränkte Herkunftsnachweis lediglich bis zum Schlachthaus, und die aufwendigere Entsorgung.
- Trennung von Tiererkennung und Sensoren. Bei der einfach anzuwendenden elektronischen Ohrmarke wird bei der Kennzeichnung gleichzeitig eine Gewebeprobe für einen späteren DNA-Test hinterlegt. Spezielle Sensoren für die Datenerfassung am Tier (z.B. Temperatur- und Pulsfrequenz, Schrittzähler) können den jeweiligen Anforderungen entsprechend optimiert werden.

3 Precision Livestock Farming am Beispiel der Milchviehhaltung (Precision Dairy Farming)

Technische Lösungen und neue Ansätze für eine wettbewerbsfähige und gleichzeitig tier- und umweltgerechtere Tierhaltung durch Precision Livestock Farming sollen am Beispiel der Milchviehhaltung erläutert und vertieft werden. Durch die Einzeltiererkennung können die Kühe in den Funktionsbereichen Fressen, Melken und Liegen räumlich und zeitlich erfasst, die Tier- und Produktionsdaten aufgezeichnet, danach die Umgebungsbedingungen optimiert sowie der gesamte Produktionsprozess überwacht und gesteuert werden.

Die Kriterien, Prozessziele und Beispiele für die Durchführung der Prozesssteuerung für die rechnergestützte Haltung von Hochleistungskühen sind in Tabelle 1 aufgeführt und werden im Folgenden näher erläutert.

Tab. 1: Kriterien, Prozessziele und Prozesssteuerung für die rechnergestützte Haltung von Hochleistungskühen
Criterions, process aims and process control for computer aided breeding of high yielding cows

Kriterium	Prozessziele	Prozesssteuerung
Klimaführung	Thermoneutrale Zone -5 - 22 °C Luftfeuchte < 80 % Luftgeschw. < 2,0 m/s Luftraten: Sommer 60 - 100 Winter ~ 5	Körpertemperatur Pulsfrequenz, Klimasensoren Steuerung der Luftführung Sprinkler
Futteraufnahme	maximale Grundfutteraufnahme durch häufige und lange Fressperioden gezielte Kraftfuttergabe	Fressplatz mit Datenerfassung (Fressfrequenz, Fresszeit, Fressgeschwindigkeit) Abrufautomat
Wasseraufnahme	> 70 l / Kuh und Tag in mehreren Perioden	Tränkebecken mit Tiererkennung und Durchflussmessung
Lebendmasse	Gewichtsentwicklung	Unter- und Überversorgung Durchlaufwaage; Tränke, AMS
Milchabgabe	hohe Melkfrequenz; schonender und vollständiger Milchentzug; Milchqualität; Eutergesundheit	geregelter Kuhverkehr, gesteuerter Milchentzug; viertelspez. Milchfluss/Menge, Sensoren für Verschmutzung, Eutergesundheit, Milchqualität
Liegezeiten	12 - 14 h/Tier und Tag	Liegezeit und Liegefrequenz
Tierverhalten	Brunsterkennung, Verhaltensänderungen, Früherkennung von Krankheiten, Managementhilfen	Durchgangserkennung, Schrittzähler, Selektionsbuchten, tiergebundene Sensoren (Körpertemperatur, Pulsfrequenz)

3.1 Rechnergestützte Fütterungsverfahren

In vielen Laufstallbetrieben erfolgt derzeit bereits eine individuelle Kraftfutterfütterung über Abrufautomaten, die abgerufene Kraftfuttermenge und die Fressfrequenz jedes Einzeltieres wird gleichzeitig für das Herdenmanagement erfasst.

Für eine leistungsbezogene, tierindividuelle Gesamtbilanzierung ist es notwendig, auch die individuelle Gesamtfutteraufnahme zu erfassen und ggf. zu steuern. Dafür wurden Wiegetröge entwickelt, bei denen die Kühe am Fressgitter erkannt und die Futteraufnahme aus dem Differenzgewicht des Troges bestimmt wird. Ergebnisse zeigen tierindividuelle Unterschiede und starke Schwankungen der Grundfutteraufnahme, über deren Ursachen wir noch wenig wissen. Sie sind wichtige Hinweise für das Herdenmanagement für die tierindividuelle Grundfutterverwertung, für die Züchtung, aber auch zur Früherkennung ernährungsphysiologischer Störungen. Allerdings ist der hohe technische Aufwand für die tierindividuelle Erfassung der Grundfutteraufnahme derzeit nur in Versuchsbetrieben zu rechtfertigen. In praktischen

Betrieben lassen sich aber Fressfrequenz und Aufenthaltsdauer im Fressbereich erfassen. Aufbauend auf diese Parameter sollten verbesserte Schätzmodelle für die tierindividuelle Grundfutteraufnahme erarbeitet werden.

Geringere technische Probleme bereitet die tierindividuelle Erfassung der Wasseraufnahme; ihre Überwachung ist für die Milchleistung der Kühe aber von großer Bedeutung. Umso erstaunlicher ist es, dass bisher keine entsprechenden Einrichtungen angeboten werden.

3.2 Automatisches Melken als Schlüsseltechnologie

Der für die Milchviehhaltung zentrale Funktionsbereich „Melken" erlaubt bereits heute in Melkständen die tierindividuelle Zuordnung von Milchfluss und Milchmenge, ggf. auch von elektrischer Leitfähigkeit und Milchtemperatur. Ein grundlegend neuer Ansatz zur Datengewinnung und Prozesssteuerung im Sinne von Precision Dairy Farming ist durch automatische Melksysteme gegeben:

- In automatischen Melksystemen reicht ein Melkzeug für bis zu 60 laktierende Kühe. Für das einzelne Melkzeug ist deshalb ein hoher Aufwand an elektronischen Sub-Systemen zur Qualitäts- und Tierüberwachung eher gerechtfertigt.
- Die Tiere müssen beim automatischen Melken die Melkbox möglichst freiwillig mehrfach am Tag aufsuchen. Im Gegensatz zum konventionellen Melken mit 2 oder 3 festen Melkzeiten und einem Zwangszutrieb erhält damit das individuelle Verhalten der Tiere eine besondere Bedeutung. Gleichzeitig stehen dem Landwirt dadurch zusätzliche Verhaltensparameter zur Verfügung.
- Beim Einsatz automatischer Melksysteme ist der Kontakt Mensch-Tier nicht zwangsläufig mehrmals am Tag gegeben. Besondere Bedeutung erhält dadurch die Unterstützung bei der Überwachung der Tiergesundheit und der Milchqualität durch technische Lösungen.

Folgende Tier- und Produktionsdaten können beim automatischen Melken erfasst werden:

- Melkfrequenz und Milchleistung

Beim automatischen Melken sind bereits derzeit neben der täglichen Milchleistung auch die Daten zum Melkverhalten, insbesondere der Melkfrequenz verfügbar. Die Zusammenführung beider Datensätze lässt nicht nur Rückschlüsse auf die Leistungsentwicklung zu, sondern gibt auch erste Hinweise auf Störungen des Tierverhaltens und der Tiergesundheit. Kurzfristige Leistungseinbrüche sind häufig mit einer Veränderung der Melkfrequenz verbunden; deren Ursachen (z.B. Klauenerkrankungen, Brunst) sind nachzugehen.

- Viertelgemelksmessung

Über den bisherigen Stand der Technik hinaus ist im AMS die Ermittlung des Viertelgemelkes und des viertelgemelksbezogenen Milchflusses möglich. Sie sind von großer Bedeutung für die Züchtung, die technische Überwachung des Milchentzuges und die Früherkennung von Eutererkrankungen. Sie können aber auch zur viertelgemelksbezogenen Steuerung des Milchentzuges herangezogen werden.

- Milchqualität und Eutergesundheit

Milchqualität und Eutergesundheit stehen derzeit bei automatischen Melksystemen nicht zuletzt wegen der gesetzlichen Anforderungen zur Milchhygiene im Blickfeld, da eine visuelle Kontrolle durch den Melker entfällt. Technische Verbesserungen bei der Überwachung sind

notwendig, da die Überwachung der elektrischen Leitfähigkeit als alleiniger Parameter - so wie bisher praktiziert - nicht ausreicht (HAMANN UND ZECCONI 1998). Dazu bieten sich an:

- optische Sensoren zur Überwachung der Zitzen- und Euterreinigung;
- verbesserte Mess- und Auswertemethoden für die elektrische Leitfähigkeit und deren Verknüpfung mit dem Viertelmilchfluss;
- der Einsatz weiterer Sensoren wie z.B. Biosensoren und NIR;
- intelligente Auswerteprogramme unter Einbeziehung von Expertensystemen auf der Basis von Fuzzy Logik oder neuralen Netzen.

3.3 Tierdaten und Tierverhalten

Durch den Einsatz zahlreicher Sensoren im automatischen Melksystem lassen sich bereits zahlreiche Aussagen zum Tierverhalten treffen (Melkfrequenz, Besuchshäufigkeit). In Kombination mit den oben aufgeführten Einrichtungen (Wiegetröge, Kraftfutterabrufautomat, Wasseraufnahme) kann damit bereits ein recht genaues Bild vom physiologischen Status und dem Verhalten der Tiere ermittelt werden. Durch weitere Sensoren am Tier und die Erfassung des Raum-Zeitverhaltens des Einzeltieres ist eine umfassende Tierüberwachung und ggf. Steuerung möglich:

- Körpertemperatur

Die Temeraturerfassung der Tiere erfolgt derzeit über integrierte Sensoren bei Injektaten zur Tiererkennung im Scutulum oder versuchsmäßig über Messsonden in der Vagina verbunden mit Dataloggern. Unter üblichen Stalltemperaturen korrelieren Scutulumtemperatur und Körperkerntemperatur, bei tiefen Außentemperaturen kommt es allerdings zu erheblichen Abwiechungen. Die Versuche, über die Milchtemperatur die Körpertemperatur zu überwachen, brachten bisher keine befriedigenden Ergebnisse.

- Pulsfrequenz

Die Pulsfrequenz kann über optische Sensoren am Ohr von Rindern erfasst werden. Sie kann für die allgemeine Gesundheitsüberwachung aber auch zur Stresskontrolle von Bedeutung sein.

- Brunsterkennung

Wird nur die Aktivität zur Brunsterkennung verwendet, so lassen sich damit etwa 70 - 80 % der Brunstvorgänge richtig detektieren, allerdings auch mit Falsch-Positiv-Meldungen von etwa 20 - 30 %. Durch eine Verknüpfung dieser Daten mit der Milchtemperatur kann die Treffer- und Fehlerquote verbessert werden. Besonders erfolgreich erscheint aber die Anwendung verbesserter Auswertealgorithmen wie die Fuzzy Logik-Methode, womit durch die „unscharfe" Verknüpfung von Aktivität, Milchmenge und Expertenwissen die Trefferquote weiter erhöht und die Fehlerquote gesenkt werden kann (YONG 1998).

- Durchgangserkennung

Mit der Durchgangserkennung an verschiedenen Bereichen des Stalles kann mit relativ geringem Aufwand das Zeit-Raum-Verhalten von Kühen erfasst werden. Dies eröffnet weitere Perspektiven in Bezug auf die Produktionssteuerung:

- Zeitpunkt und Dauer des Aufenthaltes der Tiere in den verschiedenen Funktionsbereichen (Fressen, Liegen, Melken) werden erfasst.

- Eine Steuerung des Kuhverkehrs zwischen diesen Bereichen wird möglich.

Die bisherigen ersten Ergebnisse zeigen erhebliche tierindividuelle Unterschiede und tägliche Schwankungen. Daraus können Schlüsse auf Verhaltensstörungen, Mängel in der „Tierumwelt" und Hinweise auf Klauenerkrankungen gezogen werden.

3.4 Datenmanagement

Teilsysteme und weitere Sensoren des Precision Dairy Farming liefern dem Landwirt ein umfangreiches Datenmaterial (HARMS 2000). Dabei ergeben sich drei Problemkreise:

- der Umfang der Datenflut. Um davon eine Vorstellung zu bekommen, wurden im Versuchsstall Grub mit 75 Kühen und 35 Kälbern ca. 3 100 Input-Informationen und ca. 5 600 Output-Informationen ermittelt, die vom Landwirt mit unterschiedlicher Intensität zu beachten und zu verwalten sind.
- die Komplexität der zur Verfügung stehenden Informationen und den vom Landwirt zu verändernden Parametern.

Es steht außer Zweifel, dass sowohl die Datenflut als auch die Komplexität der Informationen und Entscheidungen den Landwirt überfordern.

Die Verbesserung des Datenmanagements wird deshalb bei der weiteren Entwicklung der rechnergestützten Milchviehhaltung eine zentrale Bedeutung bekommen, um diese Systeme praxisreif und effizient zu gestalten. Dabei sind folgende Schritte notwendig (Abb. 2):

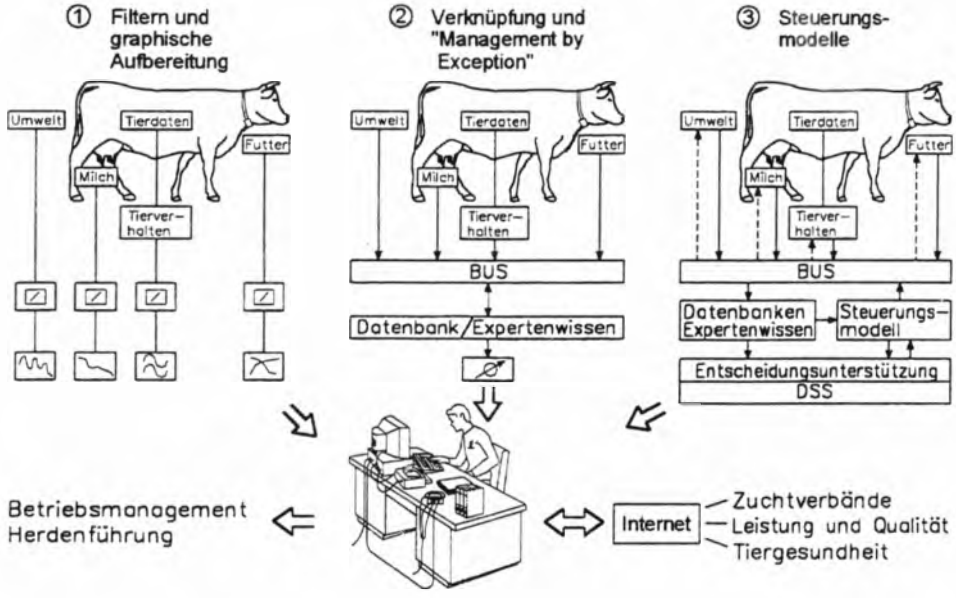


Abb. 2: Stufen des Datenmanagements in der Milchviehhaltung
Levels of data management in dairy farming

- die Filterung und die graphische Aufbereitung der Informationen. Dieser erste Schritt einer verbesserten Informationsdarstellung erfordert eine wissenschaftliche Bearbeitung.

- In einem zweiten Schritt sind die anfallenden Daten in einer Datenbank abzulegen und so zu verknüpfen, dass mittels Expertenwissen Abweichungen vom Produktionsziel und -ablauf rechtzeitig erkannt werden. Ein BUS-System würde bei genormten Schnittstellen auch in der Innenwirtschaft die Verknüpfung aller Teilsysteme erleichtern.

Für die rechnergestützte Steuerung des Produktionsablaufes sind zusätzlich „Tiermodelle" Voraussetzung, d.h., es müssen mathematische Modelle bekannt sein, die es ermöglichen, Rahmenbedingungen, Futterversorgung und das Herdenmanagement so zu steuern, dass es zu einem optimalen Produktionsergebnis kommt. Bei der Komplexität dieser Herausforderung ist hier noch Grundlagenforschung in erheblichem Umfang erforderlich.

3.5 Folgerungen von Precision Dairy Farming

Derzeit beschränkt sich Precision Dairy Farming in erster Linie auf die Datenerfassung bis hin zur Automatisierung der Milchviehhaltung. Bedeutende Vorteile sind in einem grundlegend neuen Ansatz für die Milchviehhaltung zu sehen:

1. Rechnergestützte Stallsysteme ermöglichen eine artgerechtere Haltung bei gleichzeitig intensiver Einzeltierbetreuung (Fütterung, Melken, Überwachung).
2. Der Produktionsrhythmus wird nicht mehr durch den Arbeitsrhythmus des Menschen (zweimalige Stallarbeitszeit), sondern dem individuellen Rhythmus des Tieres bei der Futteraufnahme und der Milchabgabe bestimmt. Dies führt unter anderem auch zu gesteigerter Leistungsbereitschaft.
3. Der Mensch wird von der engen Bindung an den Arbeitsablauf befreit. Dies verbessert nicht nur entscheidend die Arbeitsbedingungen, sondern ermöglicht es auch, die Stallsysteme konsequent auf die Ansprüche des Tieres auszurichten.

4 Weitere Beispiele für Precision Livestock Farming

Die am Beispiel der Milchviehhaltung dargestellte technische Entwicklung zu rechnergestützten Haltungsverfahren ist auch bei anderen Tierarten erkennbar (RATSCHOW 1998). Besonders weit fortgeschritten ist diese Technik bei der Kälberhaltung. Hier lassen sich die technischen und baulichen Trends besonders eindrucksvoll darstellen. In der Vergangenheit hat der Zwang zur tierindividuellen Fütterung und Tierüberwachung zur Einzeltierhaltung mit erheblichen Einschränkungen des Tierverhaltens geführt, mit der Notwendigkeit einer aufwendigen Bau- und Klimagestaltung, mit hygienischen Schwierigkeiten und einer Fülle von Verordnungen zum Tierschutz. Rechnergestützte Fütterungsautomaten erlauben nun eine tiergerechtere Gruppenhaltung, bei der trotzdem eine individuelle Fütterung möglich ist.

Bei der Zuchtsauenhaltung geht es darum, den Sauen auch in der Säugephase mehr Bewegungsfreiheit zu verschaffen bis hin zur artgerechteren Gruppenhaltung. Die konsequente Umsetzung ethologischer Erkenntnisse erfolgt in der Gruppenhaltung von säugenden Sauen. Dem natürlichen Verhalten der Muttersauen entsprechend sondern sich die Sauen während der Geburt in eine frei zugängige Einzelbucht ab, um nach wenigen Tagen in den Gruppenverband zurückzukehren. Nach den bisherigen Erfahrungen sollten dabei nicht mehr als 4 ferkelführende Sauen in der Gruppe gehalten werden. Eine individuelle Fütterung der Sauen erfolgt durch eine rechnergesteuerte Abrufstation, die darüber hinaus mittels Sensoren weitere Tierdaten erfassen kann, wie z.B. die Körpertemperatur und das Brunstverhalten.

Eine besondere Herausforderung für die Prozesssteuerung ist bei der Hühnerhaltung die zunehmende Kritik an der Käfighaltung. Die Einzeltiererkennung erlaubt auch hier eine tierindividuelle Prozesssteuerung und Überwachung in Verbindung mit alternativen Haltungsformen.

5 Folgerungen

Die wissenschaftliche Herausforderung und das Ziel künftiger Forschungsarbeiten liegt nicht nur darin, die Arbeitsabläufe weiter zu automatisieren, sondern vor allem auch darin, die Interaktion Tier/Technik/Umwelt bei naturnahen Stallsystemen zu steuern und zu überwachen. Dafür sind weitere Sensoren erforderlich, um physiologische Tierparameter, Gesundheitsstatus, Futteraufnahme, Produktqualität und Umweltparameter lückenlos zu erfassen. Weiterhin sind biologisch-technische Modelle zur Prozesssteuerung und Überwachung erforderlich, um letztlich hochleistende Tiere wettbewerbsfähig, tier- und umweltgerecht zu halten. Dies bedarf eines Forschungsverbundes mit einer Reihe verschiedener Diszipline einschließlich der ökonomischen und ökologischen Folgeabschätzung.

6 Literatur

SCHÖN, H. UND H. AUERNHAMMER (1999): Neue Techniken der Prozesssteuerung - Automatisierung im Pflanzenbau. Agrarwirtschaft 48, H. 3/4, S. 130-140

WENDL, G., M. KLINDTWORTH UND K. KLINDTWORTH (1998): Elektronische Kennzeichnungssysteme in der Rinderhaltung. In: Elektronische Tieridentifizierung. KTBL, Darmstadt, KTBL-Arbeitspapier 358, S. 45-57

HAMANN, H. UND A. ZECCONI (1998): Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. In: Bulletin of the IDF 334, S. 5-23

YONG, Y. (1998): Rechnergestützte Österusüberwachung bei Milchkühen unter Anwendung der Fuzzy-Logic-Methode. Diss., TU München-Weihenstephan

HARMS, J. (2000): Datenmanagement in einem modernen Milchviehbetrieb mit rechnergesteuertem Verfahren zum Füttern und Melken. In: U. BIRKNER (Hrsg.): Referate der 21. GIL-Jahrestagung, Freising-Weihenstephan

RATSCHOW, J.P. (1998): Landwirtschaftliche Tierhaltung - Quo Vadis? In: Innovationen in Technik und Bauwesen. KTBL, Darmstadt, KTBL-Schrift 254, S. 112-119

Precision Livestock Farming - Concept, state of research, future prospects

SCHÖN, HANS; GEORG WENDL, MICHAEL KLINDTWORTH AND JAN HARMS

Lehrstuhl und Bayer. Landesanstalt für Landtechnik der TU München-Weihenstephan, 85354 Freising, Germany

Precision farming is regarded world-wide as innovative. The basic idea, to record exact and differentiatet data on environment and production and control the production process afterwards, is also valid for animal husbandry. Available parts must be imported and extanded to be combined in a total system of computer aided systems. Computer-aided partial methods are integrated into a total system. The basis for precision livestock farming is individual electronic animal identification as well as recording of performance and animal data in the functional fields "feeding", "resting" and "milking". By interchanging information from these system elements, intensive husbandry for the individual animal and automating work processes become possible. This is a prerequisite for new housing systems, meeting the requirements for more economy and animal welfare. Main scientific challenge is the investigation of interactions between animal-technology and environment. Besides, this work must be focussed on the development of new sensors and on the improvement of data handling and management.

Precision Livestock Farming
- eine Chance zur Umweltentlastung

RATSCHOW, JENS-PETER

Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Schorlemer Str. 26, 48143 Münster

Unter Precision Livestock Farming wird die interaktive Vernetzung von Prozesssteuerungen und Datenaustauschprogrammen in der tierischen Erzeugung verstanden. Ein zentrales Datenbanksystem arbeitet auf der Basis von Einzeltier- und Betriebskennzeichnung und verknüpft die Stammdaten der Einzeltiere oder von Tiergruppen mit den Rohdaten, den Standard- und Spezialauswertungen der verschiedenen Organisationen.



Abb. 1: Datenflussmodell für Informationssysteme in der Landwirtschaft
Model of data-flow for informationsystems in agriculture

Innerhalb dieses Systems wird die Tierproduktion mit den Managementprogrammen und dem Markt verbunden. Auf diese Weise werden Prozessabläufe optimiert und die Verbraucherakzeptanz durch die Dokumentation vergrößert.

In diesem Beitrag sollen die Auswirkungen des Precision Livestock Farming hinsichtlich der Chancen zur Umweltentlastung vorgestellt werden.

Umweltleistungsbewertung

Die landwirtschaftliche Primärproduktion unterscheidet sich in vielen Dingen von der industriellen Erzeugung. Die landwirtschaftliche Produktion ist von der Natur und der Umwelt direkt abhängig, da ihre wesentlichen Produktionsfaktoren direkt der Natur entstammen. Damit ist sie stärker als andere Zweige unmittelbar von Umweltveränderungen beeinflusst.

Innerhalb der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung sind diese Einflüsse zwar abgeschwächt, da überwiegend die Tierhaltung in Ställen stattfindet. Doch ist eine direkte Zuordnung gerade, wenn man die internationalen Einflüsse berücksichtigt, gegeben. Auf landwirtschaftlichen Betrieben lassen sich unterschiedliche umweltrelevante betriebliche Informationen sammeln und thematisieren. Die Informationstechnologie hilft die notwendigen Informationen aus den bereits vorhandenen Daten leichter zu beschaffen und zu kombinieren. Hinsichtlich der umweltrelevanten Informationen können qualitative und quantitative Indikatoren unterschieden werden. Hiermit kann landwirtschaftlichen Betriebsleitern ein gutes Instrument an die Hand gegeben werden, umweltrelevante Schwachstellen zu erkennen und betriebliche Verbesserungen zu erzielen. Hierfür müssen objektivierbare Indikatoren im Rahmen von normierten Umweltmanagementsystemen aufgestellt werden, die eine Einschätzung für die jeweilige Umsetzung auf den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb ermöglicht und damit hilfreich und sinnvoll ist.

Für die Bewertung der Möglichkeiten des Einsatzes von Wirkungsindikatoren wurde von KESSLER (1999) ein Kriterienkatalog aufgestellt.

Tab. 1: Bewertung der Möglichkeiten des Einsatzes von Wirkungskategorien
Valuation of the usefulness of effectcategories

Wirkungskategorien	Kettenübergreifende Quantifizierung	Bedeutung der Landwirtschaft
Biotop- und Artenschutz	0	++
Landschaftsbild	0	++
Gewässerschutz	0	++
Bodenschutz	0	++
Eutrophierung	++	++
Versauerung	++	++
Humantoxizität	0	möglich
Bildung von Photooxidantien (Smog)	++	+
Ressourcenverbrauch	++	+
Treibhauseffekt	++	++
Ozonabbau	++	+
Geruch	+	standortspezifisch möglich
Abfall	++	-
Lärm	+	standortspezifisch möglich

Kettenübergreifende Quantifizierbarkeit:
++ sehr gut möglich; + möglich aber schwierig; 0 zur Zeit nicht möglich
Bedeutung der Landwirtschaft an der Wirkungskategorie:
++ sehr große Bedeutung; + bedeutend; - gering

Die Biotop- und Artenvielfalt wird durch die Vorkommen von gefährdeten Arten, durch das N-Düngungsniveau, durch die Schnitthäufigkeit und -zeitpunkt und die Viehbesatzdichte direkt beeinflusst.

Das Landschaftsbild lässt sich durch Kartenmaterial, Schlagdateien und die Erhebung hinsichtlich der pflanzensoziologischen Gesellschaften direkt bestimmen. Der Bodenschutz wird über die Verdichtung mit unterschiedlichen Methoden bestimmt, wie auch die Erosion. Die Eutrophierung der Gewässer wird z. B. durch Nährstoffsaldi abzüglich der Verluste indirekt bestimmt. Ebenso werden indirekte Indikatoren für die Versauerung bestimmt. Die Humantoxizität spielt eine immer größere Rolle hinsichtlich der Indikatoren im Stall und der Auswirkungen von Gasen und Stäuben über die Fortluft im Nahbereich von Ställen. Direkte oder indirekte Faktoren können hier herangezogen werden. Hinsichtlich der Nahrungsmittelbelastung können stichprobenartige Untersuchungen durch indirekte oder direkte Indikatoren zur Vertrauenswürdigkeit beim Verbraucher beitragen. Der Ressourcenverbrauch richtet sich nach dem Einsatz der Betriebsmittel. Er spielt innerhalb der Tierhaltung über das eingesetzte Futter, den Primärenergieeinsatz aber auch den eingesetzten Dünger eine entscheidende Rolle. Überwiegend wird über indirekte Indikatoren eine Bewertung vorgenommen.

Hinsichtlich des Treibhauseffektes spielen insbesondere aus der Tierhaltung die CO_2, N_2O und die CH_4-Emissionen eine besondere Rolle. Entweder können über Berechnungen die Emissionsfaktoren der Betriebsmittel oder Emissionsfaktoren der Tierhaltung und wie im Pflanzenbau als direkte oder indirekte Indikatoren gewählt werden. Wirkungskategorien wie Geruch oder Lärm sind standortspezifisch möglich und spielen innerhalb der Genehmigungsverfahren eine herausragende Rolle. Da die Flächenbindung der tierischen Erzeugung besteht, haben Abfälle als Wirkungskategorie kaum eine Bedeutung in der Landwirtschaft.

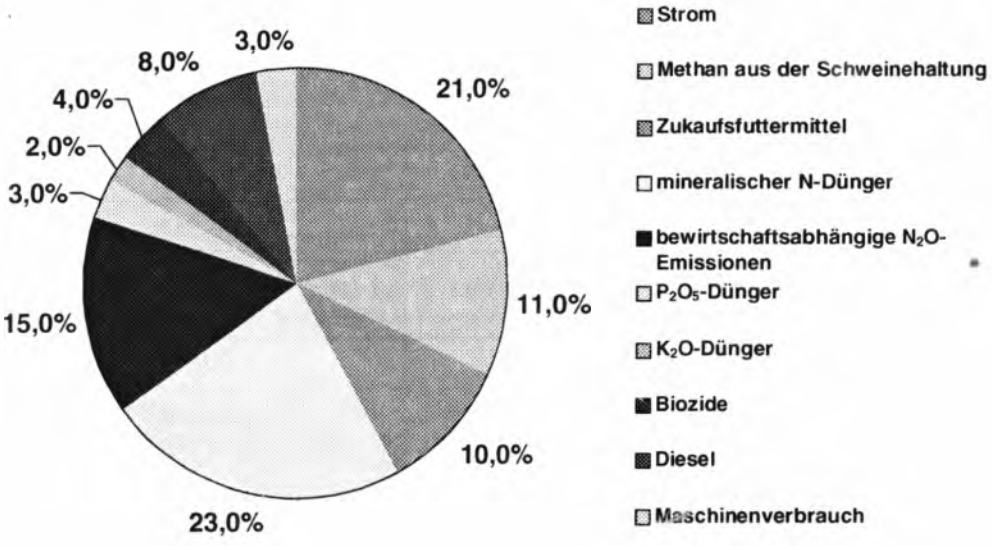


Abb. 2: Treibhauseffekte der Schweinemast
Environmental characteristics of pig fatting (KESSLER 1999)

Für den Bereich der Schweinemast hat KESSLER (1999) die Auswirkungen auf den Treibhauseffekt aus der Schweinemast aufgeteilt auf die eingesetzten Produktionsfaktoren und direkte Emissionen zusammengestellt. Beispielhaft wird an dieser Darstellung deutlich, dass hier der gesamte landwirtschaftliche Betrieb diagnostiziert wird und nicht die Tierhaltung als solche für sich. Je nach Art der Zieldefinition und Systembeschreibung, wie sie mit dem ersten Schritt der mehrdimensionalen Öko-Bilanzmethode in der ISO/DIS 14031 vorgeschrieben wird, kann die zuvor auf ihre Funktion definierte Prozesskette als Ganzes aufgrund einheitlicher Umweltinformationen auf diese Weise analysiert werden.

Möglichkeiten zur Umsetzung in landwirtschaftlichen Unternehmen

Geht man auf die betriebliche Ebene, so lassen sich die staatlichen Maßnahmen zum vorbeugenden Verbraucherschutz innerhalb der Schweineerzeugung beispielhaft zusammenfassen.

Tab. 2: Staatliche Maßnahmen zum vorbeugenden Verbraucherschutz
Govermental strategies for preventive consumer protection

Maßnahme	Beispiel	Ziel
Beabsichtigt:		
Einrichtung einer europäischen Lebensmittelbehörde		Regionale Gleichschaltung
Vorhanden:		
Kennzeichnung landw. Nutztiere	Ohrmarke Ferkel; Schlagstempel Mastschwein	Herkunftssicherung
Schlachttieruntersuchungen	2 % aller gewerblich geschlachteten Kälber und 0,5 % aller übrigen schlachtbaren Tiere werden auf verbotene Stoffe untersucht	Lebensmittelqualität
Futtermitteluntersuchungen	Amtliche Futtermittelkontrollen; ergänzt durch Futtermittelprüfungen durch Landwirtschaftskammern, DLG und Firmen	Vermeidung gesundheitsschädlicher Stoffe im Futter
Kontrollen in landw. Betrieben	Blutserologische Untersuchung zur Aujetzki-Sanierung aller Sauen haltenden Betriebe und 5 % der Mast- und Ferkelaufzuchtbetriebe tierärztliche Bestandskontrollen	Verbesserung der Tiergesundheit und Haltung
Genehmigungspraxis für Tierhaltung	BIMSchG, VDI-Richtlinie, EU-Richtlinie zur Umweltverträglichkeit, Wasserhaushalts- und Bodenschutzgesetz, Dünge-VO, §51 Bewertungsgesetz	Vermeidung von Belastungen für Boden, Wasser, Luft und von Tierkonzentration

Im Einzelnen geht es also um die Verifizierung der Herkunftssicherung, der Lebensmittelqualität, der Vermeidung gesundheitsschädlicher Stoffe im Futter, der Verbesserung der Tiergesundheit und Haltung, der Vermeidung von Belastungen für Boden, Wasser und Luft und der Vermeidung von Tierkonzentrationen. Als umweltrelevante Schwachstellen in viehstarken Betrieben lässt sich eine Aufstellung vornehmen, die entsprechend der Systemanalyse die einzelnen Produktionsfaktoren auf ihre Wirkungsmechanismen hin untersucht. Umweltrelevante Kriterien sind:

- die Haltung,
- das Stallklima,
- die biologische Leistung,

- das Fütterungsverfahren,
- die Futterverwertung,
- der Einsatz von Medikamenten,
- die Hoftorbilanz der Hauptnährstoffe unter Berücksichtigung der tatsächlich für die Gülleverwertung vorhandenen Flächen,
- die Lagerkapazität,
- die Abdeckung von Güllebehältern,
- die Gülleausbringtechniken,
- der Anteil der im Herbst ausgebrachten Gülle,
- die Bearbeitungsabstände zu Gewässern,
- der Anbau von überwinternden Zwischenfrüchten,
- die P-Bodenversorgung,
- der Zukauf von N-Düngern und
- die N-Flächenbilanz.

Hieraus können Maßnahmen zur Minimierung von Nährstoffeinträgen und Emissionen abgeleitet werden. Im einzelnen können dies sein:

- ausreichender Güllelagerraum (Lagerkapazität über 8 Monate bei hohem Maisanteil),
- Verzicht auf Herbstausbringung von Gülle (Frühjahrsgülledüngung zu allen Kulturen mit bodennaher Ausbringtechnik),
- Gülleausbringung auf Grünland mit Schleppschlauchtechnik,
- Anbau nachwachsender Rohstoffe auf Stilllegungsflächen in viehstarken Regionen zur Nutzung als Güllefläche,
- N_{min}-Untersuchungen und exakte Kenntnis über Inhaltsstoffe der Gülle,
- Kenntnis über Höchstgehalte an P, K und N in Futtermitteln,
- gezielte Phasenfütterung konsequent für alle Tierarten entsprechend den Gewichts-, Wachstums- und Leistungsklassen,
- konsequente Ertragssteigerungen zur Erhöhung des Nährstoffentzugs auf der Fläche,
- Anpassung der Mineraldüngung auf das äußerste Minimum,
- Vermeidung direkter Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer (Uferrandstreifen anlegen) und
- moderne Stallbauten zur Reduzierung gasförmiger Emissionen nutzen.

Das Precision farming nimmt nun die Aufgabe wahr, in einem Datenverbundsystem die Informationen zu vernetzen, logische Konsequenzen zu entwickeln und eine Dokumentation. Datenbankprojekte hierfür sind in der Erarbeitung oder werden bereits umgesetzt. Erst durch die neue Informationstechnologie des Precision Livestock Farming wird die Optimierung der Prozessabläufe möglich. Gerade die EuroTier 2000 hat deutlich gemacht, dass verschiedene Anbieter eine Vernetzung der Prozesssteuerungen mit den Managementsystemen schon heute vornehmen können, so dass diese Entwicklung über genormte BUS-Systeme weiter ausgebaut wird. Der PC im Stall, der PC im Büro und das Telefon spielen dabei eine herausragende

Rolle, um die Datenströme zu kanalisieren und auszuwerten. Diese werden mit den freien Nutzeroberflächen im Internet verbunden. Diese auf der EuroTier 2000 vorgestellten Einzellösungen haben aber noch nicht die Qualität, die wir "übermorgen" von der Vernetzung erwarten. Doch wird sich das Precision Livestock Farming gerade durch die jetzigen Diskussion über die Tierhaltung vermutlich schneller und konsequenter einführen, als wir es uns vorstellen können. Die feste Etablierung der Elektronik und der Informationssysteme in der Tierhaltung führt zu einer verbesserten Tier-, Produktions- und Produktkontrolle.

Tab. 3: Datenbankprojekt - Schweine: Ziele
Data base project - pigs: destinations

Bei elektronischer Einzeltiererkennung	Bei gruppen-/betriebsbezogener Tierkennzeichnung
Fragen zu ▪ Genetik, Abstammung, Zuchtwertschätzung, Selektion ▪ Top Genetik-Programm ▪ Fütterung, Haltung, Geschlecht, Behandlung	Fragen zu ▪ Herkunftssicherung ▪ Dokumentation der Verfahren ▪ Gruppeneffekten (z.B. Abteile) ▪ Handelswertoptimierung
Aufwändiges System von Geburt bis Schlachthofwaage nur bei hoher Nutzenerwartung	Effiziente Nutzung der EDV aus dem Einzeltierbereich vom Mastbetrieb bis zur Schlachthofwaage

Literatur

Die Literaturliste kann beim Autor angefordert werden.

Precision Livestock Farming - a chance to reduce environmental influences

RATSCHOW, JENS-PETER

Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Schorlemer Str. 26, 48143 Münster, Germany

Precision Livestock Farming is more than to interlace some control system units. It interlinks the keeping of animals with management and marketing. It is an instrument to document the whole process of production to guarantee quality and to produce agricultural products with minimum pollution.

Elektronikeinsatz ermöglicht Precision Livestock Farming in der Schweinehaltung

NORDBECK, F.

MILAN Prozessleitsysteme Mannebeck GmbH, Alter Postdamm 8, 48465 Quendorf

1 Precision Livestock Farming

Nachdem sich der Begriff Precision Farming in der Außenwirtschaft etabliert hat wird zur Zeit auch vermehrt von Precision Livestock Farming gesprochen. Kern des Precision Farming ist die lokale Datenerfassung mit GPS, sowie die Steuerung und Regelung auf Grund dieser Informationen. Die Aufgabe des GPS kann in der Tierhaltung vom Transponder übernommen werden, der dann nicht nur zur Prozeßsteuerung dient, sondern auch eine fälschungssichere Tierkennzeichnung zum Qualitäts- und Herkunftsnachweis ermöglicht. Auch und gerade in der Tierhaltung stellt eine exakte Erfassung von Informationen heute die Grundlage für ein erfolgreiches Management dar. Die Möglichkeiten diese Daten automatisch zu gewinnen, oder nach einer einmaligen Erfassung in allen Bereichen nutzen zu können sind heute weit fortgeschritten und sollen im folgenden am Beispiel Ferkelproduktion dargestellt werden.

1.1 Precision Livestock Farming Ferkelproduktion

Zu den wichtigsten Informationen die in diesem Bereich anfallen zählen das Alter und Gewicht des Tieres, Daten über Kondition und Leistung, tägliche Zunahme und Futterverwertung, sowie Trächtigkeitsstatus und Lebensleistung. Ziel ist es aus genauen Informationen einen Bedarf zu ermitteln und die zur Bedarfsdeckung nötigen Handlungen automatisch auszulösen. Durch den Aufbau eines einheitlichen Bussystems und einer einheitlichen Datenschnittstelle sollten die Daten in einer offenen Struktur, im ADIS-ADED Format, Hersteller- und Betriebsübergreifend für alle zugänglich gemacht werden. An einer Stelle erfaßte Daten können von allen Teilnehmern übernommen werden. Um die betriebsinternen Daten (Tab. 1) wie z.B. Futteranmischung, Futterzuteilung, Futteraufnahme, Gewicht, Speckdicke, Belegdaten, Ferkeldaten und andere tierspezifische Daten für das betriebsinterne Management nutzen zu können sind eine einheitliche Datenschnittstelle und ein einheitliches Bussystem von hoher Bedeutung. Durch die Berücksichtigung der Parameter: Futteraufnahme, Tiergewicht, Speckdicke, Masttag, Stallklima, Aussenklima und die Beurteilung des Betriebsleiters kann das betriebsinterne Management eine exaktere (konditionsabhängige) Futterberechnung und Futteranmischung tierspezifisch erstellen.

Unter Berücksichtigung dieser Parameter entfernen wir uns von den bisherigen gesteuerten (einstellbaren) Fütterungssystemen hin zu den zukunftsorientierten geregelten Fütterungssystemen (Abb. 1). Voraussetzung für ein solches Fütterungssystem ist ein standardisierter (genormter) herstellerübergreifender Datenaustausch.

Tab. 1: Daten Precision Livestock Farming

Precision Livestock Farming		
Information	Bedarf	Handlung
Alter Gewicht Speckdicke Ferkelzahl Futterzustand Trächtigkeitstag Kondition Umrausche Temperatur Klima	Leistungsfütterung Kontrolle Besamung Wärme Kühlung	Futterzuteilung Futterreduzierung Selektion Kennzeichnung Heizung Lüftung

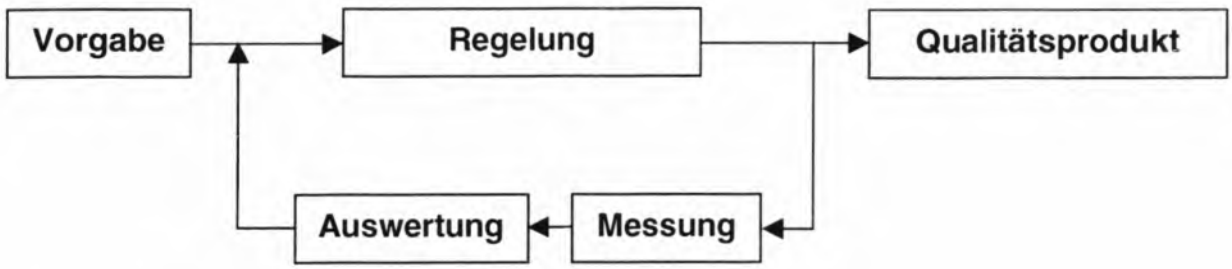


Abb. 1: Regelkreis Expertensystem

An einer einheitlichen Schnittstelle wird zur Zeit in verschiedenen Ländern auf nationaler und internationaler Ebene gearbeitet. Im Schweinebereich hat man sich für den Datenaustausch nach ADIS-ADED entschieden. In den Niederlanden ist eine nationale Datenschnittstelle auf der Basis von ADIS mit einem niederländischen standardisiertem Dictionary seit Anfang 1999 erfolgreich realisiert.

Als einheitliches Bussystem wäre das Ethernet (TCP/IP) von Vorteil, da es sich hierbei um ein langjährig erprobtes industrielles Bussystem handelt. Auch haben sich die Knotenkosten bei einem Ethernet-Netzwerk verringert und befinden sich zur Zeit in einem Bereich, der auch in der Landwirtschaft vertretbar ist.

2 Total Animal Control

Ziel von Total Animal Control ist es die Daten, die zu einem Tier gehören, von Geburt an bzw. vom lebensfähigen Alter an bis zur Schlachtung lückenlos zu führen und zu kontrollieren, so dass ein lückenloser Herkunftsnachweis der Tiere gewährleistet ist.

Hierfür müssten die Tiere mit elektronischen Transpondern, ab dem lebensfähigen Alter, versehen werden. Ab diesem Zeitpunkt stehen die Daten, für diesen Transponder, sowohl für das interne Betriebsmanagement als auch für das zentrale Management in einer Datenbank zur

Verfügung (Abb. 2). Für die erstmalige Datenerfassung und für die Weiterverarbeitung der Daten im Betrieb sind ausreichende Geräte wie: Handheld, elektronisch gesteuerte Fütterungssysteme und Managementsoftware vorhanden. Zwar wird derzeit der Datenaustausch noch herstellerspezifisch realisiert, d.h. die Hersteller vereinbaren eigene Schnittstellen, eleganter und kostensparender wäre für die Zukunft eine einheitliche Schnittstelle für den Datenaustausch so wie in den Niederlanden.

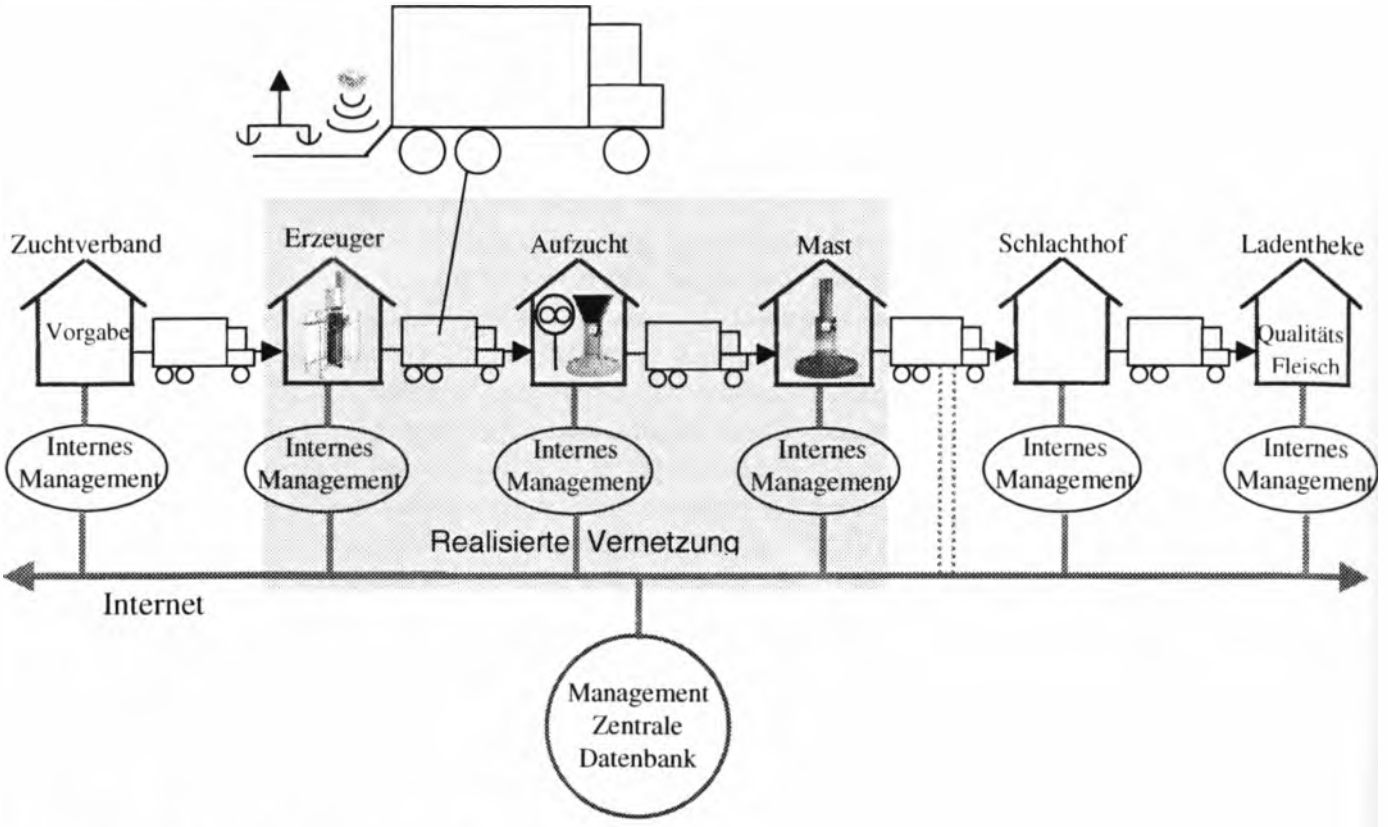


Abb. 2: Betriebsübergreifender Datenaustausch

Innerbetrieblich ist also die Kontrolle der Tiere und die präzise Fütterung der Tiere wie schon oben beschrieben realisiert.

Überbetrieblich müssten die Transportfahrzeuge mit Waagen und elektronischen Identifizierungen ausgerüstet werden, um beim Verladen der Tiere die Transponder und das dazugehörige Gewicht automatisch zu erfassen. Auch sollten die Transportfahrzeuge über GPS geortet werden können, damit ein lückenloser Transportnachweis der Tiere gewährleistet werden kann. Von Vorteil wäre, wenn die Daten der Tiere beim Verladen direkt über das Internet in eine zentrale Datenbank übernommen würden. Auch auf den Schlachthöfen müßten die Tiere identifitiert und anschließend dem Schlachthaken zugeordnet werden, um die Schlachtauswertungen dieser Tiere der Datenbank bekannt zu geben.

Durch den Aufbau einer einheitlichen Schnittstelle und eines einheitlichen Bussystems werden die Daten in einer offenen, für jeden der zugangsberechtigt ist, Struktur zugänglich gemacht. Auch hier wird an einheitlichen Schnittstellen auf der Basis von ADIS-ADED gearbeitet. Als betriebsübergreifendes Bussystem steht das öffentliche Netz (Internet) bereits erprobt und ausgereift zur Verfügung (Abb. 2).

Aus dieser Datenbank können dann die Daten zwecks Auswertung heruntergeladen werden. Diese Daten stehen dann wieder dem Precision Livestock Farming zur Verfügung. Womit sich der Kreis des Datenaustausches von der Geburt des Tieres bis hin zur Schlachtung schließt.

3 Vorteile

Der betriebsübergreifende Datenaustausch und die lückenlose Verfolgung der Tiere bieten dem Management und dem Precision Livestock Farming enorme Verbesserungen bezüglich seiner Regelungsfunktion. Alle Beteiligten, angefangen beim Zuchtverband bis hin zum Verbraucher, erhalten durch „Precision Livestock Farming und Total Animal Control" folgende Vorteile:

1. Umfangreiche zeitnahe Informationen über die Tiere und den Stall.
2. Datenerhebung direkt vor Ort aus der Prozeßsteuerung und per Handterminal.
3. Offene Datenstruktur nach ADIS-ADED Format ist für alle leicht zugänglich.
4. Schnelle, sichere Entscheidungsfindung teilweise mit automatischer Reaktion.
5. Zeit- und Kostenersparnis da Dateneingabe nur einmal erfolgt.
6. Hohe Datensicherheit, da Schreib- und Eingabefehler weitgehend ausgeschlossen werden.
7. Ausbaufähig zu umfassenden Qualitäts- und Herkunftsnachweis vom Züchter bis zum Verbraucher (Qualitätsmanagement).
8. Dadurch ist der Weg frei von der einfachen Steuerung zum geregelten System.

Experiences in a large - scale dairy farm applying precision animal keeping technique

TÓTH, L.[1] AND J. BAK[2]

[1] St. István University, Faculty of Mechanical Engineering, 21000 Gödöllö, Hungary
[2] Hungarian Institute of Agricultural Engineering, 2100 Gödöllö, Hungary

1 Introduction

The main part (65 %) of the stock of dairy cows is represented by about 900 large-scale dairy farms (altogether 270 000 cows) in Hungary where Holstein-Frisian breed with high-rate of blood is typical. The mechanised milking in parlours and the loose hosing exist in 83 % of these farms. The average lactation milk yield is 6 700 litres per cow in a year and the average number of animal is 350 cows per farm. There are 220 dairy farms where the specific milk production is 7 to 11 thousand litres per cow in a year.

There are 130 to 140 thousand cows of mixed-up species at around 40 000 small-scale farmers. They are really (mostly) constrained entrepreneurs and the major part of them applies confined housing systems with 1 or 2 cows.

On the base of the above listed facts, it is understandable that our investigation and development connected to the precision animal husbandry have been focussed on the large-scale dairy farms.

2 Material and method

The properties of the tested dairy farm are as it follows.

- The animal herd includes 810 Holstein-Frisian cows.
- The TMR feeding (feed distribution) is solved by a feeding wagon with a 3-screw-mixer, three times in a day.
- There is an abreast (parallel) parlour with 2x20 stalls type Bou-Matic in the investigated farm. The milking system is equipped with a cramming gate to press the animals into parallel position and quick animal releaser system. 2 operators (milkers) and 1 animal driver work in the milking parlour.
- The computer program includes the software Pro Vantage and RISKA 2000.
- The identification of each animal is solved with the help of a collar-suspended (passive) transponder one by one at the entrance gate. The reading of the activity (`pedo-`) meters is solved there as well.
- There are devices for measuring the quantity and conductivity of milk at every milking stall.
- An animal-weigh-device (automatic) is applied.
- A selector gate is built in the drive-back way.

- The yearly milk yield is 9200 litres per a cow.

Milking method:

- Previous disinfecting with immersing the teats into a solution (Pregold).
- Wiping (drying) the teats with the help of a once-usable paper towel.
- Putting-up of the milking unit (by hand).
- Automated removing of the milking unit.
- Immersing off teat into a solution i.e. teat-handling after milking (Uddergold).

The goal of our investigation was to examine and evaluate the technical – technological factors influencing the capacity (cow flow) of the milking parlour and to realise a more effective co-operation between the operators (milkers) and the milking equipment and the milk-cows. On this base, the detailed purposes were as them follow below.

- The increasing trend of the specified milk yield cannot decrease and even it should grow.
- The time, when the milking unit is on the teats, should be decreased below a suggested limited value.
- To milk more cows in the same working time.
- The total capacity (milked cows per an hour) of the milking parlour is to be grown.
- Improving the preparing process of udder performed (with the higher carefulness in handling).
- The empty milking (when the milking stops for a time of while or finally but the milking unit works on) is to be decreased or eliminated (in the way of reducing the retarding (delaying) time of the detaching of the milking unit).

The expected results were as them follow:

- The condition of teat-ends (tips) should be better (because of the shorter time under vacuum).
- The ratio of cows with udder inflammation (mastitis) at he clinical status is to be decreased.
- The frequency and rate of the "kicking-off" and "falling-down" of the milking units is to be reduced.
- To make possible the priority of the selection of the herd in accordance with the milking time.
- The easier and quicker accommodation of the heifers to the milking machine should be solved.

The self-testing program of the software Pro Vantage was applied for determining the capacity (the number of milked cow per an hour) of the milking parlour and for examining the condition (technical state) of the parts of the milking equipment. For determining the results of the changes in the setting of milking equipment, the data counted and evaluated by computer programs Pro Vantage and RISKA were used. The instrumental control tests of the milking equipment were carried out according to the standards ISO 5707 and ISO 6690 (valid from 1996).

As a first step, we carried out a program as it follows:

the correct work of the milking equipment was tested monthly with the help of instruments,

we evaluated the milking method (of milkers) and made the operators understand the elements and advantage of the above described milking method,

we modified the setting of the teat-cup-removal unit as it follows (Fig. 1):

- first setting the removal unit in the beginning of the test
  - the milking flow value for starting the removal was set to 223 g/min,
  - the retardation time of detaching the milking unit was 13 s,
  - the milking term was not limited, it was in accordance with the demand of each cow.
- changes in the settings every week (7 days) by the following degrees:
  - the increasing in the milk-flow limit starting the detaching unit was set with the value of 46 g/min week by week,
  - the retardation (delaying) time was reduced by 2 s every week.
- the final setting was done after 48 days:
  - the milk-flow limit for starting the automatic removal of the milker unit was set to the value of 589 g/min,
  - the retardation time was set to 0,
  - the milking time still remained unlimited according to the demand of each cow.
- The next change in the setting was done after another 4 weeks:
  - Keeping the above described set-values, we limited the milking time (more exactly the time while cows are in the milking parlour) to 12 minutes as a maximum value.

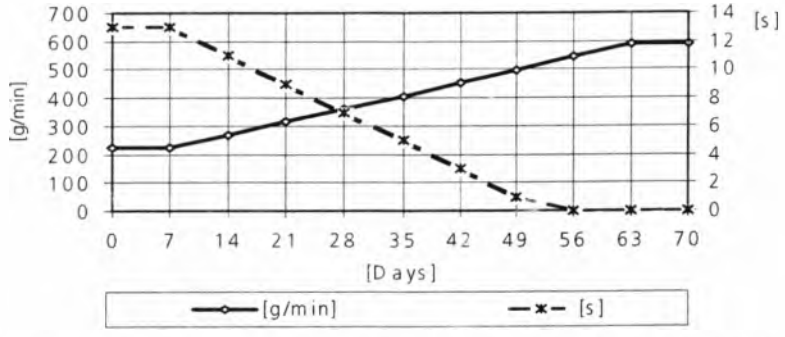


Fig. 1: The time program of the experiment: set value of the milking flow for detaching the milking unit from teats (g/min); retardation time of detach unit (s)

3 Results

The growing of the milking-parlour capacity or *parlour cow flow* (the number of cows milked in one hour) is shown in the diagram of Fig. 2. and the changes in the specific milk yield and the average values of milking time are dotted and analysed by the diagram of Fig. 3. The testing program was carried out from December in 1999 and January in 2000 till September in 2000.

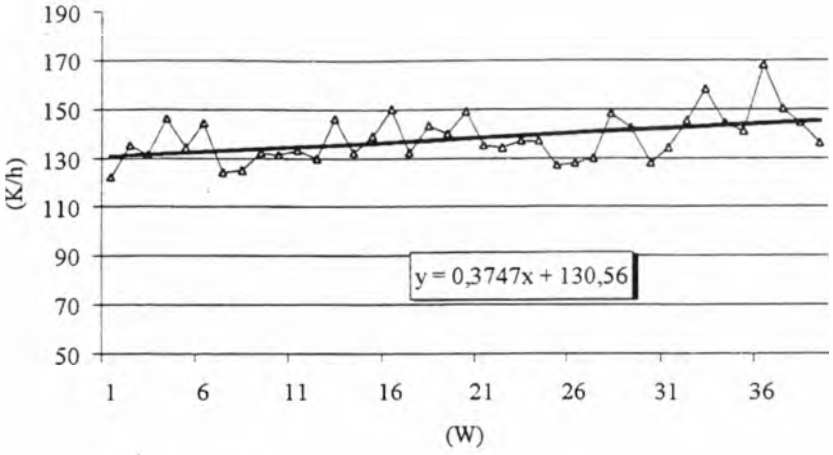


Fig. 2: Parlour cow flow (capacity of milking parlour): (W) = number of weeks from the beginning of experiment; (K/h) = number of milked cow in an hour

During the evening milking shifts the capacity of parlour altered between the values 120 and 170 cows per hour in the different days. The average value of the parlour capacity increased from cca. 120 cows per hour to almost 150 cows per hour (Fig. 2.).

The total milking time of a cow (considering the milking shift three times a day) decreased from the beginning value of cca. 16.5 minutes to the value between 15.0 and 15.5 minutes. The daily specific milk production increased from the beginning value of 28 litres/cow/day first to the value of 30 litres/cow/day and then it decreased to value of 26 to 28 litres/cow/day. The decreasing in specific milk yield was experienced in the earlier years during the warm summer months, too.

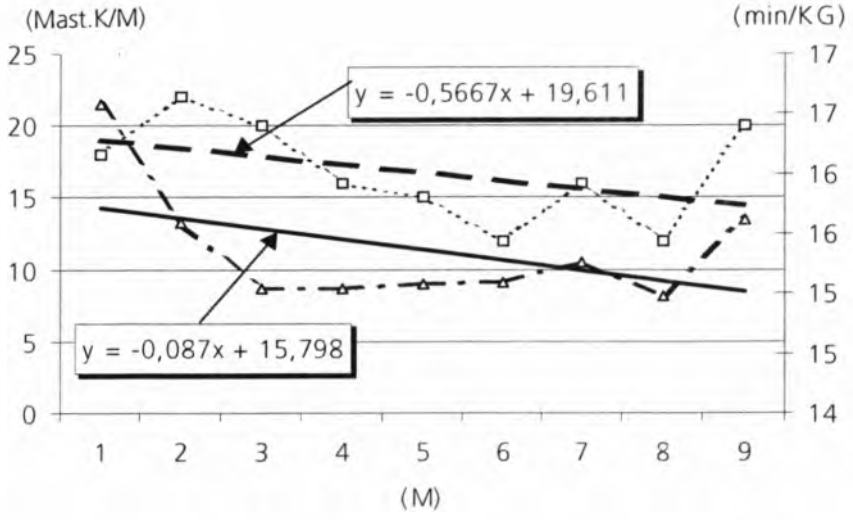


Fig. 3: Changes in the number the cows infected with udder inflammation (mastitis) and in the total milking time for a cow during the experimental time:
(Mast. K/M) = number of cows selected because of mastitis in the different months during the experiment; (min/KG) = total milking (work) time for a cow group;
(M) = number of month from the beginning of experiment

Process properties	Conventional values	Suggested values
The milking flow velocity at starting the removal unit	226 g/min	589 g/min
The retardation time of the removal	13.0 s	1.0 s
The time-schedule of the changes in setting:	50 g/min/week in the milking flow velocity value for switching on the detaching unit 1 to 2 s/week in decreasing the retardation time of detaching unit	

4 Argument

The following results could be realised with the help of feeding back the data collected and analysed by computer into the production process, including the precision technique of the changes in the setting of the milking unit and the more effective co-operation of the milking equipment and the operators (milkers) and the cows:

- the specific milk production level increased in the year 2000 in comparison with the yield in 1999, the growing difference was cca. 600 litres/cow/year,
- the time while the milking unit was on the udder of a cow (taking into consideration the total time of the daily 3 milking shifts) decreased by about 2.0 to 2.5 minutes,
- the capacity of the milking parlour *(the parlour cow flow)* increased from the value of about 130 cows/hour to cca. 150 cows/hour so now more cows can be milked in the same work time,
- increasing the milk flow velocity limit for starting the removal and eliminating the detach retardation time, the so called "empty (or blind)" milking disappeared,
- the condition of teat tips has grown better,
- the number of the cows in the clinical status of mastitis (udder inflammation) was 18 to 22 at the first milking in the beginning and during the months after changing the unit setting – 12 to 16, conclusively it decreased,
- the number and rate of unit kicking – off (when cows kick off the milking unit from themselves) was decreased and stabilised after the changes in the setting of milking equipment (e.g. 18 cows kicked off the unit amongst 637 cows during a milking i.e. the rate of kicking-off was 2.8 %,
- the selection of cows by milking time became important and, during the experiment, altogether 12 cows was problematical after limiting the milking time at the value of 12 minutes
- the average milking time of the animal groups with heifers after fresh calving was longer (2 to 3 minutes more) by the experiences and the very long milking time and the bigger number of unit kicking – off was more frequent,
- the udder preparation has grown better with the more careful work (with appropriate attention) and the cows entering the milking parlour were cleaner.

5 Literature

BAK, J; L. ANTAL AND J. PAULISINETZ: Jelentés a tehenészeti telepek fejéstechnikai és higiénés ellenőrzéséről. 1999. FMMI, Gödöllő 117.old. (Report on Milking-technical and Hygienic Control of Dairy Farms. 1999. FMMI, Gödöllő 117 p.)

BAK, J.: Jelentés a fejőházak áteresztő-képességét befolyásoló műszaki-technológiai tényezők vizsgálatáról. 2000. FVMMI Gödöllő, 110 old. (Report about Test on Technical-Technological Factors Influencing the Capacity of Milking Parlours. 2000. FVMMI Gödöllő, 110 p.)

EICKER, S.W. AND S.C. STEWART: Computerised Parlour Data Collection and Use: "Monitoring the Cows, the People and the Parlor". Proc. 37th Annual Meeting of the NMC, 1998

REID, D. A. AND S.C. STEWART: Effects on Parlor Performance by Variations of Detacher Settings. Proc. 36th Annual Meeting of the NMC, 1997

STEWART, S.C. AND S.W. EICKER: Practical Computerised Monitoring of Parlor Cow Flow. Proc. 31st Annual Meeting of the Annual Association of Bovine Practitioners, 1998

TÓTH, L.: Precíziós állattartás (Precessions Animal Breeding). Research and Development Conference Faculty of Mechanical Engineering, St. István University (Tudományos Tanácskozás), Szent István Egyetem Gödöllő, 2000, 77-84 p.

6 Summary

Summarising it generally, the data collected and processed with using the precision keeping technique are applicable for

- evaluating the milking method (the operators or the post schedule of shifts),
- analysing the effects of the changes in the setting of the teat cup detach units,
- analysing and showing the operating errors of the milking equipment,
- showing and selecting the cows being critical and needing special attention because of beginning udder inflammations (mastitis),
- eliminating the usual pre-milking probes (milking some drops by hand for visual examination before starting the machine milking process) because it is negligible when conductivity meters and analysers are applied (but it is correct only if the udders in the herds are clean).

Towards socially desirable livestock farming systems in 2040

KETELLAAR-DE LAUWERE, CAROLIEN[1], PETER GROOT KOERKAMP[1], JOKE LUTTIK[2], KAREL DE GREEF[3], HANS LANGEVELD[4], GÉ BACKUS[5] AND SIERK SPOELSTRA[3]

[1] Institute of Agric. and Environmental Engineering (IMAG), P.O. Box 43, 6700 AA Wageningen, The Netherlands
[2] ALTERRA (Green World Institute), P.O. Box 47, 6700 AA Wageningen, The Netherlands
[3] Institute for Animal Science and Health, P.O. Box 65, 8200 AB Lelystad, The Netherlands
[4] Plant Research International (PRI), P.O. Box 14, 6700 AA Wageningen, The Netherlands
[5] Agricultural Economics Research Institute (LEI), P.O. Box 29703, 2502 LS The Hague, The Netherlands

1 Developments and research of livestock farming systems

1.1 Present livestock farming systems

Public concern about present livestock farming is increasing. Recent crises such as the outbreak of BSE and swine fever in Western Europe have created an awareness that the consumption of animal products is not totally safe and that animals are not always kept in animal friendly surroundings (KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. 2000a). This is why the research programme "new livestock farming systems" of the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Fisheries was established. The objective of this research programme is to change the current livestock farming systems that are just socially tolerated into livestock farming systems that are socially desirable. Within this context, 'socially desirable' means that many aspects are included: animal welfare and animal health, environmental pollution, food safety and quality, labour, nature and landscape, image and economics (SPOELSTRA 1999).

1.2 Sustainable technology development for livestock farming

In our search for socially desirable livestock farming systems, we used a method developed by the STD programme (Sustainable Technology Development). This method aims to find technological solutions for a sustainable future within the context of cultural and structural factors. Based on the assumptions that the world population will continue to show steady growth over the next 40 years (factor 2), prosperity is increasing (factor 5) and environmental pollution per unit of prosperity has to be reduced by half for a sound environment, a factor 20 reduction of environmental pollution has to be achieved (STD Vision 1997; STD 1997). The method is characterised by three elements:

1. long term solutions are defined to determine the short term steps to be taken;
2. technological solutions (technical means and efficiency) are viewed within the context of cultural (nature and volume of needs: sufficiency) and structural (economic and institutional organisation of production: effectivity) factors;
3. solutions are agreed upon in consultation and co-operation with directly and indirectly involved parties (STD 1997).

This means for our search for socially desirable livestock farming systems that several actions had to be taken. First of all, three studies were carried out in which trends of the past were extrapolated to the future, as if no actions were taken. In the first study the statistical and structural aspects of livestock farming in 2040 (number of farms and animals, etc.) were analysed, in the second the functions of animals in 2040 (food, social functions etc.) were studied, and the third study concentrated on the relationships between man and animal. Based on these autonomous trends four future scenarios were formulated. The year 2040 was chosen as final year because the definition of long term solutions is one of the basic elements of the STD method. The next step in the STD process was to formulate futuristic views of livestock farming in 2040 together with parties active in the field of animal husbandry, such as farmers, retailers, animal protection organisations and other socially active organisations. Workshops, interviews and essays were the tools used to achieve this. The final step in the STD process was to identify which developments were to be started right away so as to achieve socially desirable livestock farming in 2040. This part of the process is called back casting and should result in closure of the gap between the 'autonomous' future livestock farming which will come into existence if no action is taken and the socially desirable future livestock farming. Each step in the search for socially desirable livestock farming will be described in this paper.

2 Possible and desirable developments in livestock farming systems

2.1 Trends in human-animal relationships

Animals have always fulfilled an important human need for food. We should not expect this to change in the decades to come. It is, however, possible that a shift of emphasis will occur. There appear to be four main trends in human-animal relationships that can affect future livestock farming. First of all, there is *increasing public concern for animal welfare*. This trend manifests itself through an increasing adoration for pets (MEEHAN ET AL. 1998) and probably finds its origin in the growing individualisation of the society (FRANKLIN 1999). Family bonds are becoming less important and pets may serve as a compensation for that. This growing concern for our pets could result in increasing concern for farm animals (DAGEVOS 1999). In the Netherlands, membership of the Dutch organisation for animal protections has increased by 6% in 1999 and membership of the Dutch confederation of vegetarians by 5%. Public concern for animal welfare may lead to more animal friendly livestock farming systems. Although it is possible that the opposite occurs: people love their pet and therefore feed it which all kind of special animal products (such as goose liver) that are not at all produced in an animal friendly way (KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. 2000b).

A second trend in human-animal relationship is that of an *increasing public concern for food safety*. Crises such as the recent outbreak of BSE and the problems with dioxin in animal products in Western Europe as well as the increase of the ageing population (Backus, personal communication) may contribute to that (KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. 2000b). Public concern about food safety can reinforce or weaken the effect of public concern for animal welfare on future livestock farming (KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. 2000b). Possible reinforcement comes from public concern about the use of veterinary medicine in intensive livestock farming. By keeping livestock in more animal friendly conditions, it might be possible to reduce the use of veterinary medicine. Weakening may occur as a result of food safety issues that are partly caused by fear of diseases that can be transferred from animals to humans (zoonoses). This fear could lead to livestock farming in sterile conditions.

The third trend in human-animal relationships could be described as *'naturality'* and *'makability'*. A common criticism of modern livestock farming is that animals are considered

only as machines or units of resource within an enterprise whose sole objective is to make a profit (WEBSTER 1993). This may lead to an increasing 'back to nature' desire among a number of consumers. This in turn could lead to the keeping of animals under more natural conditions which could link up with the more animal friendly housing systems encouraged by increasing public concern about animal welfare. The opposite direction is that of 'makability': people get used to interfering with nature. Resistance to biotechnology may decrease. Present trends indicate that especially biotechnology for medical aims could be accepted in the future (SMINK ET AL. 1998). This could lead to livestock farming in sterile conditions analogous to one of the possibilities described under the second trend.

A fourth, and last trend in human-animal relationships, or actually against it, is that of *increasing materialism*. There is a growing group of consumers who are not concerned about animal welfare or the environment as long as they can enjoy life. These people judge their food based on other criteria, such as the benefit for their health, the ease with which a meal can be prepared and the pleasure of a good meal (VAN DEN BELT ET AL. 1999). Although they will probably not have a direct influence on future livestock farming themselves, they may influence it indirectly. The market may respond to their behaviour by neglecting animal welfare and environmental concerns.

2.2 Scenarios for future livestock farming

If the above mentioned trends are combined, four future scenarios can be defined (KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. 2000b; fig. 1). If the trends 'concern for animal welfare' or more commonly 'responsibility' and 'naturality' are combined, this will result in a 'natural zoo-centric' scenario. Zoo-centric is an ethical term, meaning that animals and humans (or humans and 'other' animals) are equal (VISSER AND VERHOOG 1999). In a natural zoo-centric scenario animal products can indeed be used, but the production has to meet stringent conditions. Animals are kept under species specific conditions and are used not only to meet the social demand for food but are also able to live a healthy and ethically justified life.

If the trends 'responsibility' and 'makability' are combined this will lead to a 'high-tech zoo-centric' scenario. In this scenario animal welfare also fulfils a central role, but animal-friendly production is achieved in a technological manner instead of in a natural manner. Animals are adapted to their surroundings, eventually through the use of genetic modification (Verhoog, in preparation). The demand for food and income are fulfiiled in combination with a justified production.

If we combine the trends 'makability' and 'increasing materialism' which also can be referred to as 'hedonism', this will lead to a 'high-tech antropocentric' scenario. Antropocentric is an ethical term meaning that humans are 'higher' than animals and can therefore use animals for their own benefit (VISSER AND VERHOOG 1999). In this scenario, animal welfare is less important. The demand for cheap, tasty and safe animal products that are easy to prepare dominates the market. This requires industrial and efficient animal production. Animals are used for food production but also for processing animal and other waste.

The last scenario combines the trends 'hedonism' and 'naturality' and could be called 'natural antropocentric'. In this scenario animals are mainly used to maintain the landscape. An environment which fulfils the human demands for recreation and relaxation. Although the function of animals as food supplier has become less important, regional animal products are still consumed.

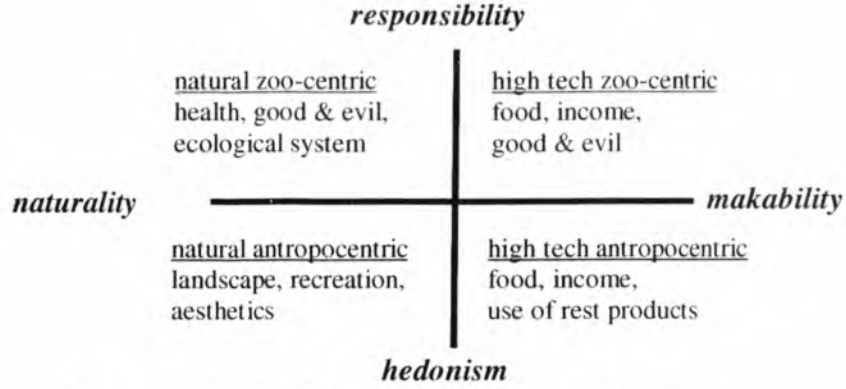


Fig. 1: Four scenarios for future livestock farming systems

2.3 Desirable future of animal husbandry

The future scenarios presented above were determined by combining major autonomous trends in human-animal relationships, and therefore represent the future livestock farming that may come about if no actions are taken. It must be understood that exact predictions concerning livestock farming in 2040 are impossible to make. ROLLIN (1998) writes "Somewhere within the constraints imposed by ever-increasing urbanisation, burgeoning population and the need for reasonably priced food, lies the possibility of a moral agriculture, treating animals fairly, land and water wisely, and agricultural communities as precious renewable resources". This could be a form of socially desirable livestock farming. As a result of the various trends presented it does, however, become clear that 'socially desirable' can be defined in a number of ways. The next step of our research was therefore interviewing parties active in the field of animal husbandry on the subject of socially desirable livestock farming in 2040. These discussions left us with two important questions about future livestock farming. The first is whether animal husbandry should be based on co-operation between man and animal ('eliciting') or should men be allowed to use animals for their own needs ('controlling'). The second question concerns the main function of agriculture: should this be animal production or should it also serve other functions such as landscape maintenance, recreation and care for disabled persons. Combining these two questions resulted in 4 futuristic views of socially desirable livestock farming (KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. 2000; Figure 2).

If animal husbandry is based on 'controlling' and the main function of agriculture is animal production, future livestock farming will be like the livestock farming of today; the major challenge that we are faced with is to meet the social demands that are made in this context. Problems concerning animal welfare, environmental pollution and food safety will be solved by high tech solutions. Animals are adapted to their surroundings by natural breeding or genetic modification; the quality of animal products will be industrial in order to guarantee food safety; and the production will meet the consumer's demands. Information and communication technology will be used to a large extent.

If animal husbandry is based on 'eliciting' and the main function of agriculture is animal production, then future livestock farming will be much like the organic animal husbandry of today. To decrease the public concern about present livestock farming measures will be taken to recover the ecological balance, increase the animal's natural defence mechanisms by keeping them under more natural circumstances and adapt housing systems to the animal's specific needs. Consumers' risk perception will change and it will be commonly accepted that animal products can not be of industrial quality.

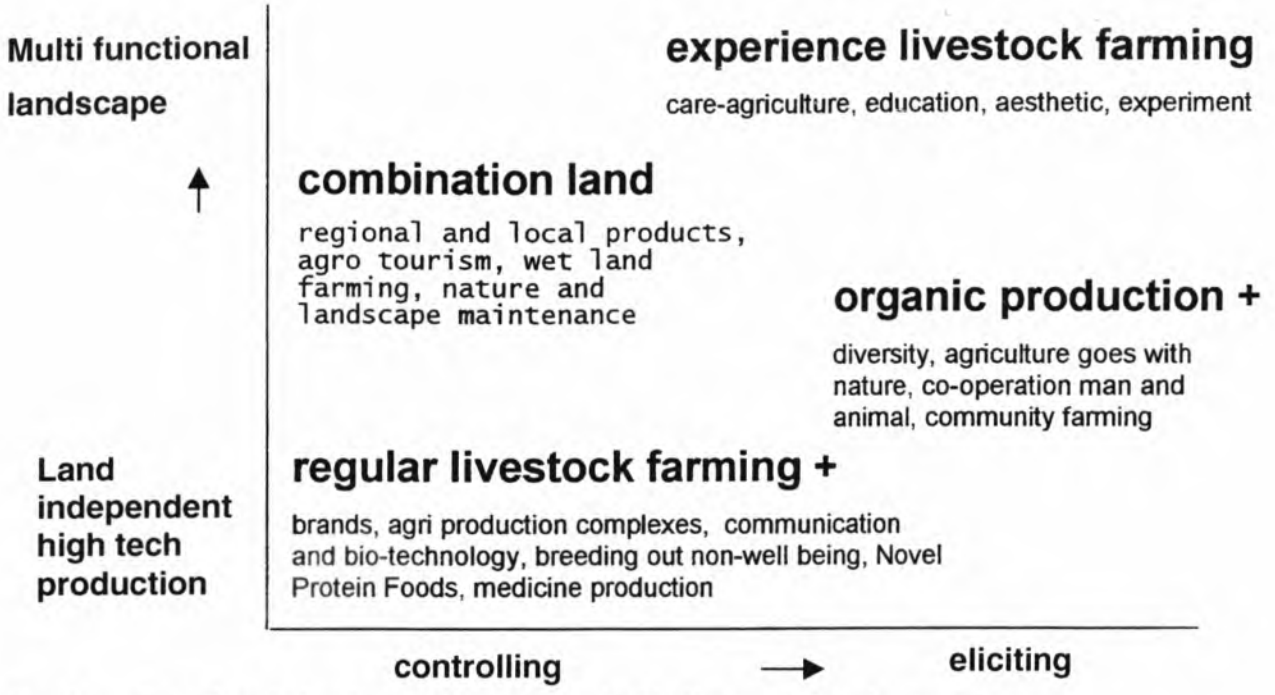


Fig. 2: Four futuristic views of socially desirable livestock farming systems

If animal husbandry is based on 'controlling' or 'eliciting' and agriculture is multifunctional, the emphasis will be on combining the various functions of livestock farming. If 'controlling' is the basis, future livestock farming will fulfil functions as landscape maintenance and recreation; food production will be mainly for the production of local products.

If 'eliciting' is the basis, other functions will arise such as education, religion and care for disabled persons; empathy towards the animal as 'fellow-creature' will be the key word in this future livestock farming.

3 How to achieve the desirable future in 2040

There is clearly a discrepancy between possible future views, the scenarios described in figure 1, and the futuristic views of socially desirable livestock farming systems (figure 2). Despite the fact that a desirable future can be described, autonomous trends will not make it happen. Analysis of the factors preventing the desirable future visions to become reality showed that the main topics of innovations should be social acceptance, economic feasibility and ability to cope with dynamic changes. Therefore the following innovative long term goals were formulated:

1. transparency in the production chain;
2. reduction of the environmental impact by a factor 20;
3. increase animal welfare and food safety;
4. food production with added value;
5. new animal food and livestock products;
6. gear livestock systems to animal keepers.

One of the elements characterising the method developed by the STD programme is that long term solutions are defined to determine the short term steps to be taken. In this context, the above mentioned long term goals gives us hold on to the next step in the STD process that has to be taken. We should identify by means of 'back casting' which developments should be

started now so as to achieve desirable livestock farming systems by the year 2040. Therefore innovative research projects are defined that serve innovative short term goals. After all, realising innovative short term goals will lead us in a stepwise path towards socially desirable livestock farming systems by the year 2040.

4 Final remarks

We hope and think that the new approach towards the sustainable technology development will contribute greatly to transforming the current livestock system into a new, socially desirable livestock production system. This offers agriculture new challenges for the future.

5 Literature

BELT, H. VAN DEN; H. TE MOLDER AND N. AARTS, 1999: Functional Foods: from dilemmas to policy (Dutch with English summary). Research programme technological assessment, Ministry of Agriculture, Nature and Fisheries, Den Haag, 103 pp.

DAGEVOS, J.C., 1999: The animal as human concern; a futuristic reflection (Dutch). Tijdschrift voor sociaal wetenschappelijk onderzoek van de landbouw (TSL) 14 (3), 127-132

FRANKLIN, A., 1999: Animals & modern cultures – A sociology of human-animal relations in modernity – SAGE publications, London, 213 pp.

KETELAAR-DE LAUWERE, C.C., J. LUTTIK, K.H. DE GREEF, P.W.G. GROOT KOERKAMP, J.W.A. LANGEVELD AND G.B.C. BACKUS, 2000a: Kentering en toekomst in de veehouderij (Turning-point and future in livestock farming) (Dutch). WUR, Wageningen, 24 pp.

KETELAAR-DE LAUWERE, C.C., H.J. BLOKHUIS, J.C. DAGEVOS, A.H. IPEMA AND J.A. STEGEMAN, 2000b: Changing human-animal relationships and their impact on livestock farming in 2040 (Dutch with English summary). IMAG Report 2000-6; Wageningen, 52 pp.

MEEHAN, M., L. SAMUEL AND V. ABRAHAMSON, 1998: The future ain't what it used to be: the 40 cultural trends transforming your job, your life, your work, New York: Riverhead Books

ROLLIN, B.E., 1999: Agribusiness and consumer ethical concerns over animal use and foods of animal origin:the emergence of new ethical thinking in society. In: HODGES, J. AND I. K. HAN (eds), Livestock ethics and quality of life. CABI publishing, University press, Bristol, p. 79-97

SMINK, G.C.J.; C. HANNING AND E. HOMAN,1998: Social acceptance of genetic modification of animals: a quantitative research among Dutch citizens (Dutch). SWOKA, Leiden

SPOELSTRA, S.F., 1999: DLO research programme 348 'mew livestock farming systmes', Ministry of Agriculture, Nature and Fisheries, Den Haag, 15 pp.

STD, 1997: Key to food – Spectrum of a sustainable food supply (Dutch with English summary). Interdepartemental research programme sustainable technological development, DTO/Ten Hagen & Stam BV., Den Haag, 72 pp.

STD vision 2040-1998, 1997: Technology, key to sustainable prosperity. Interdepartemental research programme sustainable technological development, DTO/Ten Hagen & Stam BV., Den Haag, 80 pp.

VISSER, M.B.H. AND H. VERHOOG, 1999: The nature of the animals–the moral relevance of naturality (Dutch). Dutch Organisation of Scientific Research, Ethics and Policy, Den Haag, 123 pp.

WEBSTER, J., 1993: Understanding the dairy cow. 2. Edit. Blackwell Science, Oxford, 374 pp.

Leistungseigenschaften ISO-kompatibler Transponder

KLINDTWORTH, MICHAEL[1]; GEORG WENDL[1] UND KLAUDIA KLINDTWORTH[2]

[1] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan
[2] Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, 85586 Poing-Grub

1 Einführung

Seit mehr als 3 Jahrzehnten werden in der Rinderhaltung Transponder im Laufstall eingesetzt. Anwendungsbereiche sind u.a. die Identifizierung in einer Kraftfutter-Abrufanlage oder die Tiererkennung im Melkstand. Wichtigste Anforderung an die Technik ist die sichere Identifizierung des Transponders vor der Antenne, wobei die Erkennung „im Stand" und „im Durchgang" unterschieden werden muss. KERN (1997) geht davon aus, dass im Stand ca. 30 - 40 cm Lesereichweite zwischen Transponder und Antenne ausreichend ist. Im Durchgang sind dagegen ca. 50 - 80 cm erforderlich. Außerdem sollte sichergestellt sein, dass der Transponder bei Passage-Geschwindigkeiten von z.T. über 3 m/s noch ausgelesen werden kann.

Mit der vorliegenden Untersuchung wird erstmals geprüft, ob diese Anforderungen auch von neueren Transpondern und Lesegeräten erfüllt werden, die den 1996 etablierten Standards (ISO 11 784 und ISO 11 785) zur elektronischen Tierkennzeichnung entsprechen. Diese Transponder zeichnen sich neben technischen Änderungen auch durch neue Bauformen (elektronische Ohrmarken, injizierbare Glastransponder oder so genannte Bolus-Transponder) aus. Die ISO 11 785 lässt Spielraum für zwei unterschiedliche Verfahren der Datenübertragung: Das Full-Duplex-System (FDX-B) und das Half-Duplex-System (HDX). Die dazugehörigen Lesegeräte (Transceiver) sind derzeit meist nur auf FDX-B oder auf HDX „spezialisiert". Gefordert sind jedoch Geräte, bei denen beide Übertragungsverfahren integriert sind, so dass sie problemlos jeden Transponder auslesen können, der die genannten ISO-Normen erfüllt. Derartige Leser werden im deutschen Sprachgebrauch als „Voll-ISO-Leser" bezeichnet. Während es bereits einige Voll-ISO-Leser für den mobilen Einsatz gibt, ist die Auswahl für stationäre Anwendungen derzeit noch sehr gering.

2 Material und Methode

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Identifizierung von insgesamt 5 verschiedenen Transpondern in Kombination mit 3 verschiedenen Lesegeräten untersucht (Tab. 1). In einem ersten Schritt erfolgte eine Feldstärkemessung an der eingesetzten Antenne sowie die Bestimmung der Lesereichweite der eingesetzten Transponder „im Stand" bei optimaler Ausrichtung zur Antenne in 0°-Orientierung (KLINDTWORTH 1998). Diese Reichweite wurde unter „praxisnahen" Bedingungen (kein elektromagnetisch abgeschirmtes Labor) durch wiederholte Näherung des Transponders mittig in 0°-Orientierung vor der Antenne ermittelt.

Für die Untersuchungen zum „Durchgang" wurde eine Testmaschine entwickelt, auf deren Transportgurt Transponder montiert und mit definierter Geschwindigkeit an einer Antenne vorbei bewegt wurden. Auf dem Band erfolgte die Befestigung von jeweils drei zufällig aus einer Liefercharge ausgewählten Transpondern eines Typs in einem Abstand von ca. 130 cm. Die Ausrichtung der Transponder erfolgte auch hier in 0°-Orientierung. Anschließend wurden

jeweils einhundert Umläufe bei Geschwindigkeiten von 0,5 bis 4,0 m/s durchgeführt und die Anzahl Identifizierungen mit Hilfe entsprechender Software auf einem PC registriert. Der Abstand zwischen Antenne und Transponder betrug bei allen Untersuchungen konstant 20 cm. Im Anschluss an die Messungen wurde die Anzahl Identifizierungen der drei Transponder aufsummiert, zu einem Mittelwert pro Transponder und Umlauf verrechnet und anschließend grafisch aufbereitet.

Tab. 1: Übersicht der untersuchten Transponder und Lesegeräte
Overview of investigated transponders and transceivers

Beschreibung	**Typ**	**Übertragungs-system**	**Lieferant**
Injizierbarer Transponder	TIRIS 23 mm	**HDX**	Allflex Europe S.A., Frankreich
elektronische Ohrmarke	Nedap Ear Tag D 40	**FDX-B**	Nedap Agri, Niederlande
	Allflex Standard Ear Tag	**HDX**	Allflex Europe S.A., Frankreich
	Diehl Daisy DTE 530	**FDX-B**	Hotraco, Niederlande (ursprünglicher Vertrieb: Diehl Ident GmbH)
Bolus-Transponder	Allflex ceramic bolus	**HDX**	Allflex Europe S.A., Frankreich
Antenne und Leser für stationäre Anwendung	Powermax	**FDX-B / HDX**	Datamars SA, Schweiz
	Gesreader F210 + TIRIS G03C-Antenne	**FDX-B / HDX**	Gesimpex Comercial SL, Spanien
tragbarer Leser mit stationärer Anbindung	Isomax I	**FDX-B / HDX**	Datamars SA, Schweiz

Anzumerken ist, dass alle eingesetzten Transponder und Transceiver für den Einsatz im europäischen Großversuch zur Einführung der elektronischen Tierkennzeichnung (Identification électronique des animeaux, I.D.E.A) im Labor der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU (Joint Research Center, JRC, Ispra, Italien) zertifiziert wurden. Sie haben damit bereits aus technischer Sicht eine Reihe von Mindestanforderungen (z.B. ISO-Konformität, Stabilität unter thermischer sowie mechanischer Belastung etc.) erfüllt. Die beschriebenen Transponder sind derzeit im deutschen Teilprojekt I.D.E.A. im praktischen Feldversuch bei Rindern einbezogen. Die Lesegeräte Isomax I und Gesreader F210 befinden sich ebenfalls in beschränkter Anzahl im praktischen Einsatz. Der Powermax - Leser wurde freundlicherweise für Versuchszwecke als Leihgabe von der Fa. Datamars zur Verfügung gestellt.

3 Ergebnisse

Die beiden stationären Leser sind sich in Baugröße und emittierender Feldstärke unter Berücksichtigung gegebener Messfehler (+/-3 dBµV/m) sehr ähnlich. Dennoch unterscheiden sie sich deutlich in der möglichen Lesereichweite für die einzelnen Transponder (Tab. 2). Hervorzuheben ist die Reichweite der Nedap Ohrmarke in Kombination mit dem Powermax (95 cm) sowie die der Allflex Ohrmarke in Kombination mit dem F210 (95 cm). Auffallend ist, dass die beiden Leser je nach „technischer Herkunft" bestimmte Transponder besser lesen als andere. So ist der Gesreader F210 eine Entwicklung, die aus einer HDX-Produklinie hervorgeht. Das Powermax-Lesegerät stammt dagegen von einem Hersteller, der FDX-Transponder anbietet. Der für den mobilen Einsatz konzipierte „Isomax I"-Leser erzielt Lesereichweiten von ca. 35 - 55 cm. Im Vergleich zu den stationären Lesern ist sowohl die Feldstärke als auch die Leistung bezüglich der Lesereichweite geringer, für ein tragbares Gerät jedoch auf hohem Niveau. Damit liegen nahezu alle gemessenen Werte in einem Bereich, der eine sichere Identifizierung von Rindern im Stand erwarten lässt.

Tab. 2: Lesereichweite ausgewählter Transponder in Kombination mit ISO- Lesern
Reading range of selected transponders in combination with ISO-transceivers

Hersteller	**DATAMARS S.A.**	**GESIMPEX**	**DATAMARS S.A.**
Lesegerät, Typ	Powermax	Gesreader F210 + G03C	Isomax I
Abmessungen der Antenne	50 x 100 cm	52 x 94 cm	ca. 16 x 16
Induktivität der Antenne	+/- 400 µH	+/- 27 µH	+/- 400 µH
Einsatzbereich	**stationär**	**stationär**	**mobil**
Feldstärke der Antenne (+/-3dBµV/m) gemessen in 3 m Entfernung	144 dBµV/m	144 dBµV/m	121 dBµV/m
Lesereichweite* [cm]			
Diehl Ohrmarke Daisy, DTE 530	60	30	35
Nedap Ohrmarke, D40	95	75	55
Allflex Ohrmarke, Standard	85	95	55
Allflex Bolus (TIRIS 32 mm)	70	90	45
Allflex Injektat (TIRIS 23 mm)	60	65	40

* Alle Ergebnisse sind mit Abweichungen ± 3 - 5 cm anzusehen.

Die Auswertung zur Erkennungsrate bewegter Transponder zeigte bei zunehmender Geschwindigkeit erwartungsgemäß eine Abnahme der Anzahl Identifizierungen. Überraschend groß waren die Unterschiede zwischen den beiden Übertragungssystemen (HDX und FDX-B) in Verbindung mit den jeweils eingesetzten Lesegeräten.

Mit dem Gesreader F210 konnten alle Transponder des HDX-Systems bei langsamer Geschwindigkeit (0,5 m/s) mit 6,6 (Injekat 23 mm) bis zu 15,1 (Allflex Ohrmarke) Identifizierungen pro Umlauf registriert werden (Abb. 1). FDX-B-Transponder wurden auf einem deutlich

niedrigeren Niveau identifiziert. So ergab die Erkennungsrate von Diehl-Ohrmarken bei dieser Geschwindigkeit einen Wert von 3,2 und bei Nedap-Ohrmarken lediglich 1,0. Bei Geschwindigkeiten über 1 m/s wurden nicht mehr alle Transponder sicher identifiziert.

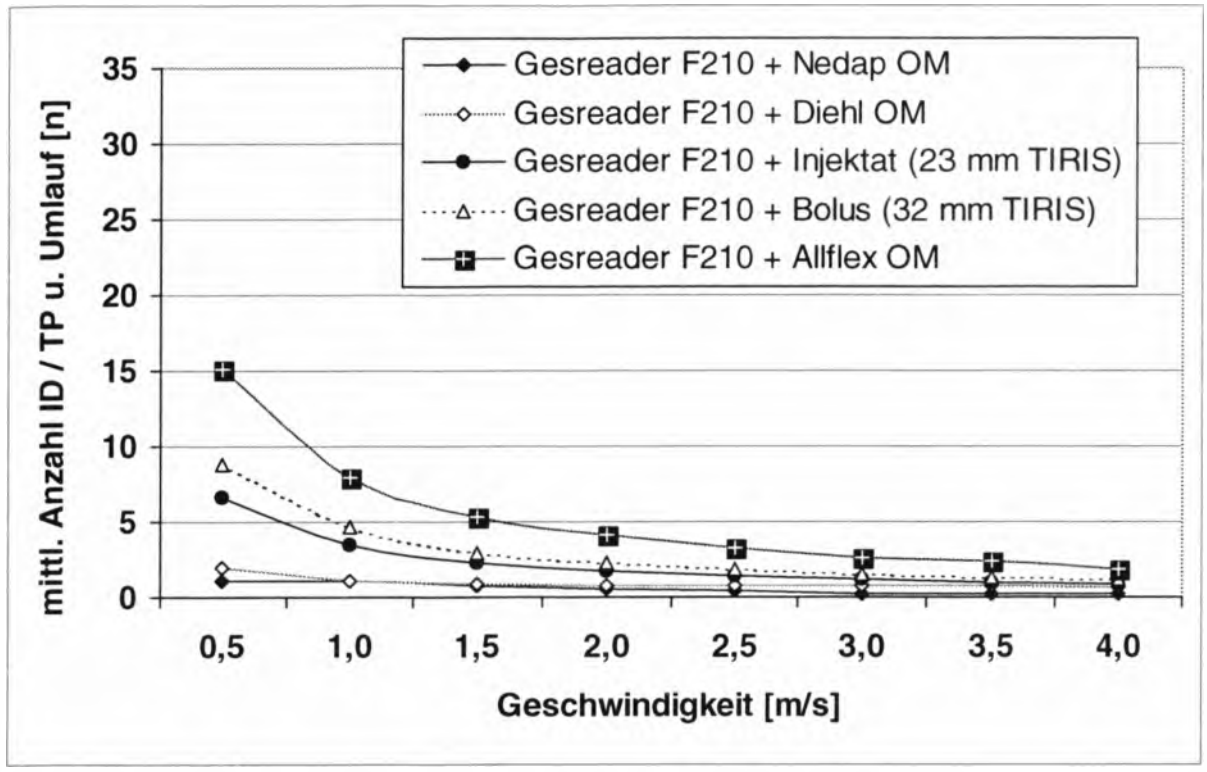


Abb. 1: Mittlere Anzahl Identifizierungen pro Transponder und Umlauf beim Gesreader F210 (Abstand: 0,2 m; H = 144 dBµV/m [3m])
Average amount of readings per transponder and passage in combination with Gesreader F210 (distance: 0,2 m, H = 144 dBµV/m [3m])

Obwohl der Gesreader F210 aus technischer Sicht die Anforderungen der ISO 11 785 erfüllt und als Voll-ISO-Leser bezeichnet werden kann, ergeben sich in der vorliegenden Untersuchung damit in Abhängigkeit des jeweiligen Übertragungssystems bzw. in Abhängigkeit des jeweiligen Transponders offensichtliche Unterschiede bei der Erkennung.

Ergebnisse des „Powermax"-Lesers zeigten sowohl bei HDX- als auch bei FDX-B-Transpondern im Vergleich zum „Gesreader F210" eine insgesamt höhere Identifizierungsrate (Abb. 2). Bei niedriger Geschwindigkeit (0,5 m/s) wurden im Mittel je nach Transponder zwischen 11,2 (Injektat, 23 mm) und 32,0 (Nedap Ohrmarke) Identifizierungen pro Umlauf gezählt. Diese hohe Erkennungsrate setzt sich auch bei höheren Geschwindigkeiten fort. Unter der Annahme, dass bei der Tieridentifizierung bewegter Tiere eine Erkennungsrate von mindestens 1 gegeben sein sollte, lässt dieses System bei 4 von 5 untersuchten Transpondern eine hohe Erkennungssicherheit erwarten, wenn der Transponder mit einem Abstand von 20 cm an der Antenne vorbei bewegt wird.

Werden die Ergebnisse bei einer höheren Passage-Geschwindigkeit von 3 m/s zusammengestellt, so ergeben sich für die Mittelwerte der Erkennungsrate von HDX-Tranpondern beim Gesreader F210 noch Werte über 1 (Injektat:1,2; Bolus: 1,6; Allflex Ohrmarke 2,6). Dagegen wird keiner der beiden FDX-Transponder mehr erkannt. Beim Powermax werden alle HDX- und zusätzlich ein FDX-Transponder erkannt (Injektat: 1,6; Bolus: 1,7; Allflex Ohrmarke: 4,0;

Nedap Ohrmarke 1,6). Die Werte dieses Lesergerätes liegen auf einem höheren Niveau, so dass eventuelle Schwankungen in der Leistung einzelner Transponder besser ausgeglichen werden können.

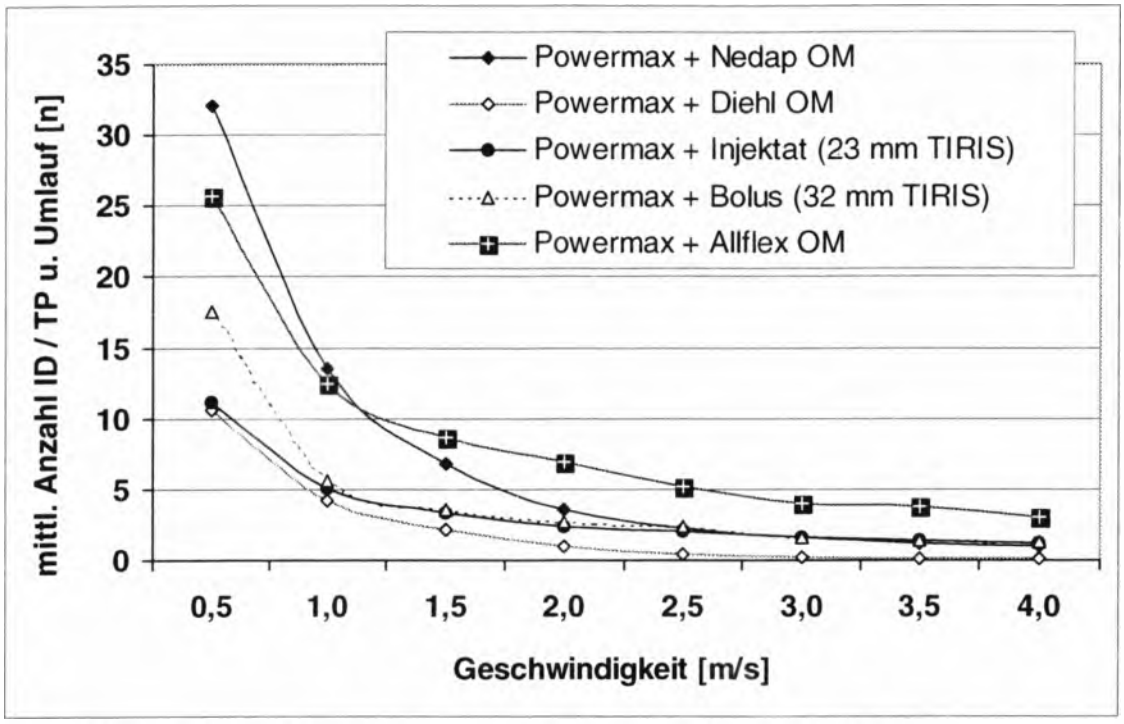


Abb. 2: Mittlere Anzahl Identifizierungen pro Transponder und Umlauf beim Powermax (Abstand: 0,2 m; H = 144 dBµV/m [3m])
Average amount of readings per transponder and passage in combination with Powermax (distance: 0,2 m, H = 144 dBµV/m [3m])

4 Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Leistungseigenschaften von ISO-kompatiblen Transpondern mit dem Hintergrund der notwendigen Erkennung von Tieren „im Stand" und „im Durchgang" untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Voll-ISO-Lesegeräte in Kombination mit verschiedenen Transpondern (Ohrmarke, Bolus und Injektat) und Übertragungssystemen (HDX und FDX-B) derzeit z.T. große Leistungsunterschiede aufweisen. Es ist davon auszugehen, dass in der Praxis insgesamt geringere Erkennungsraten realisiert werden als in diesem Versuch. Ursache hierfür ist, dass in der Regel eine ungünstigere Orientierung des Transponders vorliegt, und/oder ein größerer Abstand als 20 cm zwischen Transponder und Antenne gegeben ist. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen (KLINDTWORTH 1998) ist bei den hier untersuchten Geräten aufgrund der geringeren Erkennungsrate folglich mit einer größeren Unsicherheit bei der Identifizierung zu rechnen. Unter den gegebenen Bedingungen empfehlen einzelne Autoren (WEBSTER 2000; KORN 2000) derzeit deshalb, HDX und FDX-B nicht zu vermischen. Während einer Übergangszeit sollten sich die Anwender auf jeweils eines der beiden Systeme festlegen, wobei momentan von WEBSTER (2000) für Rinder die HDX-Technologie favorisiert wird. Sollte sich diese Empfehlung durchsetzen, so wäre dies ein Rückschritt in den Bemühungen zur Einführung eines offenen Systems der elektronischen Tierkennzeichnung mit verschiedenen Anbietern. Die Hersteller sind deshalb aufgefordert, möglichst schnell verbesserte Voll-ISO-Leser zu entwickeln.

5 Literatur

KERN, C. J. (1997): Technische Leistungsfähigkeit und Nutzung von injizierbaren Transpondern in der Rinderhaltung. Dissertation Weihenstephan, 1997

KLINDTWORTH, M. (1998): Untersuchungen zur automatisierten Identifizierung von Rindern bei der Qualitätsfleischerzeugung mit Hilfe injizierbarer Transponder. Dissertation Weihenstephan, 1998

KLINDTWORTH, M.; G. WENDL, H. PIRKELMANN, W. REIMANN UND K. KLINDTWORTH (1999): First Results about Electronic Cattle Identification in the German Part of the European Project IDEA (Identification, électronique des animaux). 50th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, August 1999, Zürich, Schweiz

KORN, C. (2000): Sitzungsunterlagen zur 4. Plenar-Sitzung des IDEA -Projektes, Brüssel, 23. Oktober 2000

WEBSTER, J. (2000): NLIS standards established. Press release of the „Meat and Livestock Australia"; dated of 30.6.2000

Performance of ISO-compatible transponders

KLINDTWORTH, MICHAEL[1]; GEORG WENDL[1] AND KLAUDIA KLINDTWORTH [2]

[1] Bavarian Research Centre for agricultural engineering, 85354 Freising-Weihenstephan, Germany
[2] Bavarian Research Centre for animal breeding, 85586 Poing-Grub, Germany

After the establishment of international norms for electronic animal identification in 1996, today there are several suppliers for transponders and readers (transceivers) on the market. All transponders which fulfil the requirements of ISO 11 784 and ISO 11 785 can be read with corresponding ISO-readers. Nevertheless it has to be mentioned that the standard ISO 11 785 combines two different technologies, called HDX and FDX-B. At the moment most of the available transceivers are only able to read one of the two systems, although readers, which can read both systems, are necessary in future. Such readers are called "Full-ISO-readers" in this text. To investigate the performance of ISO-transponders two Full-ISO-readers for stationary use and an additional one for mobile use were tested in combination with 5 different transponders (three types of electronic eartags, a bolus and an injectable transponder). The reading distance of the transponder was as well checked as the reading efficiency of moving transponders in front of the antenna. Considerable differences of the different transponders were found. The average of identifications per transponder per round was between 1 and 15 for the Gesreader F210 and 11 to 32 identifications for the Powermax, in the case that a slow movement of 0,5 m/s and a distance of 20 cm between transponder and antenna was chosen for the test-machine. As expected a decrease in readings was registered, when the transponders passed the antenna at higher speed, indicating that an insecure identification is possible for some combinations at a value of 1,5 m/s. Although this result does not correspond to the requirements of identification in practice, the differences between the investigated devices show, that there are still a lot of improvements possible and necessary.

Experience with three methods of electronic cattle identification

SMITS, A.C.; P.H. HOGEWERF, M.C.J. SMITS AND C.E. VAN'T KLOOSTER

Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG), Wageningen University and Research Centre, P.O.Box 43, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

1 Introduction

In Europe there is a need to improve the identification and administrative procedures in order to improve the sanitary tracking of animals, to combat fraudulent applications for livestock subsidies, to bring more effective tracking of the movement and trade between Community States and to combat diseases. A good identification and registration system plays a crucial part in this. Electronic identification and automated registration at all relevant sites where animals are arriving (including birth) or leaving (including slaughter and destruction) may be an efficacious way to fulfil the requirements of the production chain and the supervising institutions.

In the project "IDEA" (IDentification Electronique des Animaux), the following is being investigated:

- application techniques of electronic identification devices (technique)
- rate of losses and performance of identification devices during the animal's life
- reliability under practical conditions
- methods for static and dynamic readings
- methods for recovering the devices in the slaughterhouse
- data recording and organisation of the administration
- feasibility of practical implementation.

A total of approximately 1 million animals in 6 EU countries (Spain, Italy, Portugal, France, Germany and The Netherlands) are involved in the project.

Dutch part of the EU project

The Dutch project is under the aegis of the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Fisheries. The entire trial is co-ordinated by the Institute of Agriculture and Environmental Engineering (IMAG). Staff of the Institute of Animal Science and Health (ID), of the Animal Health Service and Royal Dutch Cattle Syndicate has instructed the people who are fitting the devices to the animals. Representatives of these organisations visit the herds and the slaughterhouses that are involved in the project and check the functioning of the transponders and the working of the equipment. They are enter the information into the central database. IMAG and ID are supervising the effectiveness of instruction and fitting of the transponders, boluses and ear tags. The project is executed in close co-operation with organisations and institutions that are involved in the Dutch animal production chain. The EU, the Dutch Ministry of

Agriculture, Nature Management and Fisheries (LNV), Dutch Farmer's organisation (LTO) and the Dutch Product Board on Livestock and Meat give financial support.

Set-up of Dutch experiment

The preparation of the project has started in 1998. In 1999 the execution phase of the project was started. At the end of 2000 this phase will be finished. In the beginning of 2001 the results of the project will be reported.An overview of the planned distribution of electronic identification devices over the animals and over the herds is given in table 1. All the ID numbers and the data of the animals will be administered in a research database specially set up for this project. A link is made for each participating animal with the national database for cattle (I&R): the life number of an animal is linked with the electronic ID of the animal.

Table 1: Per type of cattle overview of the planned numbers of animals and herds involved and the type of electronic identification to be used and the tagged animals (October 2000)

Cattle type	eartag	bolus	injectable	herds	performed by
Dairy + nursery cows	15,000	-	-	110	Organisation + farmer
	-	11,850	-	90	Organisation + farmer
new born females	-	3,150	-	*75*[1)]	Farmer
new born males	-	-	2,100	*70*[1)]	Farmer
2 week old males			9,900	50[2)]	Organisation
Beef bulls	4,350	-	-	58	Organisation + farmer
	-	5,652	-	75	Organisation + farmer
Veal calves	14,650	-	-	25	Organisation
	-	13,375	-	22	Organisation
Total planned	34,000	34,000	12,000	430	
Animals tagged so far	30,900	32,600	11,250	-	

[1)] these new born calves will be tagged by a selection of dairy and nursery farmers (within the group of 110+90 herds where the older animals will be tagged with an eartag or a bolus by the organisation)

[2)] these one week old male calves will be tagged by the organisation at the finishing farm soon after passing the transit station.

Application not only by the organisation

The farmers are tagging approximately 5,000 new-born animals (3,000 female and 2,000 male calves). Cattle destined to be slaughtered during the experiment can be injected with a transponder. Solely a bolus or an electronic ear tag will identify animals destined for slaughter after the experiment has finished.

The location where the transponders are fitted will be for:

- veal calves: on the farm it was born (tagging by the farmer) and at the finishing farm at an
- age of approx. 2 weeks, shortly after passing the transit station (tagging by the organisation);
- groups of calves without any animal that is electronically identified before, at the
- finishing farm (tagging by the organisation);

- dairy cattle: on the farm where they are present at the start of the experiment (tagging by the
- organisation) or where born during the experiment (tagging by the farmer);
- beef bulls: on the finishing farm (tagging by the organisation);
- nursery cows: on the farm of origin where they remain (tagging initially by the
- organisation, later by the farmer).

In this paper the present state of the project will be briefly discussed. No final conclusions can be drawn at this early stage of the execution phase. Preliminary results and an impression of experiences of farmers, field workers and slaughterhouse are given.

2 Materials

2.1 Boluses, injectable transponders and ear tags

Boluses

Bolus application of calves at an age of 0 till 14 days may give problems because it seems that especially in some small calves the diameter of the bolus is too wide to pass the oesophagus. On 17 farms problems with the application of boluses were encountered in young calves, varying in age between 1 and 3 weeks,. The bolus bogged in the oesophagus and 7 calves died and autopsy showed that the bolus was still in the oesophagus. In two calves the bolus was found in the nasal cavity. In other cases with the help of a veterinarian the bolus was pushed to the right place.

Injectable transponders

In the Dutch IDEA project calves of two different ages are injected with transponders:

1. On some dairy farms the farmers injected the transponders in new born male calves;
2. People of the animal health organisation brought in the transponders at the veal calf farms, when the calves were approximately 2 weeks old.

It was difficult to inject a transponder on the right spot in the ear of a young calf. The ear is very thin and two persons are needed: one to inject and one to fix the head. This was the reason for some dairy farmers to stop after a couple of month, with the injection of transponders.

In the newborn male calves and the approximately 2 weeks old veal calves injected with a transponder abscesses and inflammations in the ear were often found. In a number of cases this was such a serious problem that the injected transponder went out of the ear by the ulcerative process (incidence approx. 1% of injected calves). Mostly after a month the ulcerated ears awere recovered; in two cases calves died after serious inflammation. There is a remarkable difference in the magnitude of these problems between herds that are tagged by the same taggers that yet cannot be explained.

Eartag

Tagging of the animals with eartags was started at the end of 1999. In the beginning there were some problems with thick ears, especially in adult cows. In this study it was not possible to put the electronic eartag at the right place, because the normal I&R tag was already fixed at that place. So the electronic eartag had to be placed between the I&R tag and the end of the ear.

2.2 Handreaders

The reading distance of the reader antenna that is being used in the Dutch IDEA project is not sufficient to read the bolus from the whole size of the rumen. When reading eartags and injected transponders the reading distance of the reader is sufficient. The capacity of the rechargeable batteries however was insufficient to work with larger groups of animals (> 300). A software update was made to let the reader work at lower voltage and prolong working time. Also usage on the farms gave a lot of troubles with the hardware of the readers: unreadable displays, connectors not suitable for farm conditions, too low rechargeable battery capacity, and there were software problems during reading. The software of the reader was updated twice and after the second update it seemed to function properly.

Table 2: Tag losses per tag type and the reason (%)

Tag type	Ruminal bolus (n = 32600)	Elect. eartag (n = 30900)	Injectable (n = 11250)
Total losses	3.72	0.76	5.73
Detailed losses			
Not read	3.02	0.24	3.20
Lost	0.13	0.06	1.48
Software problems	0.19	0.15	0.22
Other	0.39	0.31	0.83

2.3 Reading and recovery in slaughterhouses

The last piece in the chain of the life of a cow, a bull or a veal calf is mostly the slaughterhouse. The slaughterhouse is an intermediary between the farmer and the consumer. Because of this role the identification and registration (I&R) in the slaughterhouse is of major importance. In connection to the slaughterhouse the following questions are to be answered during the IDEA project:

- What is the percentage of losses of Electronic Identification Devices (EID) before entering the slaughterhouse
- Is it possible to identify animals electronically in the slaughterhouse with static readers with a high reliability
- Can the EID be recovered in the slaughterhouse
- Is the use of EID consumer save.

In the Netherlands in the IDEA project in the slaughterhouses three different kinds of EID should be recovered:

- Bolus (brought in the stomach of an animal)
- Injectable (injected in the left ear base of the animal)
- Eartag (put on the left ear of the animal).

In the IDEA project the EID of the animals are registered during three steps of the slaughtering process:

- Entering of the living animals in the slaughterhouse
- After the killing of the animal and before the removal of the EID.
- After EID removal.

Different treatments are required and different risks are associated with the recovery of the different EID. The treatments and the risks that occur in most slaughterhouses are different for respectively eartag, bolus and injectable. The slaughter order normally is: killing, removing blood, removing horns, removing head and ears, removing skin and then removing stomachs. On a few spots in the slaughtering process there is a risk of losing the bolus and the eartag instead of recovering it, but there is no risk of contaminating consumer products with boluses or eartags.

If the injectables are not recovered there is a risk of contaminating consumer products.

Installing dynamic readers in the slaughterhouse

The area where the boluses are expected to be during the passage of the animals can be defined quite well. Where the injectables and eartags are expected is less defined because the animals can move their head freely. Probably the identification of the bolus, the eartag and the injectable can be achieved with one antenna. After killing only an antenna system on one side of the animal (left side) is needed. The expected position of the bolus and the expected position of the eartag and injectables differ, it is necessary to install different antennas for the boluses and the eartags and injectables. After removal the EID are positioned manually, so only a small reading distance is required.

General remark:

There are a lot of differences between the slaughterhouses. Therefore it is necessary that in combination with each slaughterhouse separately a solution is sought for installing the static readers on the three reading positions. The noise levels can be high because of interference caused by frequency converters that are used in the regular processing equipment of the slaughterhouse. Another problem is that the reading distance of EID is dependent on their orientation and the direction of EID that are in or on the animal is not optimised.

Table 3: Recovery in slaughterhouse

Recovery	Ruminal bolus	Electronic eartag	Injectable
Slaughtered animals	> 8000	>5300	>3700
Readings at slaughter house	7682	5196	3206
Recovered tags	7611	5198	1569
Recovered not previously read	302	75	1111

3 Conclusions

Despite the widespread within herd use of electronic identification in dairy farming in the Netherlands, the use of it for mandatory purposes poses some new challenges, including extra software requirements and integration of the slaughterhouse process.

The technology commercially available on the market at the start of the project showed still several shortcomings. It is felt that the project has given a big boost to manufacturers to come forward with improved equipment.

No final conclusions on the result of the IDEA project can yet be drawn. The use of electronic eartags is not a big change for farmers. The performance of the systems is in general expected to be far superior to the current system of identification and registration based on barcoded eartags and voice response systems to register movements.

Brunsterkennung und Gesundheitsüberwachung mittels sensorgestützter Funkdatenlogger

BREHME, ULRICH[1]; DIRK AHLERS[2], PETER LAUFELD[1], PETER SCHEIBL[2];
EIKE SCHERPING[1] UND DETLEF WERNER[1]

[1] Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam
[2] Tierärztliche Hochschule Hannover, 30173 Hannover

1 Aufgabenstellung

Die kontinuierliche Tierdatenmessung relevanter tierphysiologischer Parameter und ihre Bereitstellung für den Landwirt wird zukünftig ein unverzichtbares Mittel sein sichere und schnelle Produktionsentscheidungen zu fällen. Dabei geht es um Entscheidungen zur Tiergesundheit, vor allem aber um exakte Aussagen über den Stand des Reproduktionszyklus beim Einzeltier. Die weiter fortschreitende Mechanisierung und Automatisierung in der Rinderhaltung verlangt für die Tierüberwachung Systeme mit kontinuierlicher Messwerterfassung, die gespeichert, direkt übertragen und bei Bedarf von einem zentralen PC abgerufen werden können. Eine Software übernimmt die Datenauswertung und druckt dem Landwirt "Alarmlisten" aus, die für Produktionsentscheidungen geeignet sind.

Solche Entscheidungen können sein:

- Gesundheitszustand des Tieres erfordert intensive Beobachtung, Tierarzteinsatz
- optimaler Brunstzeitpunkt zur Insemination
- Geburtszeitpunkt steht bevor, Tier verstärkt überwachen/kontrollieren.

In Zusammenarbeit mit der TH Hannover, Bereich Gynäkologie und Fortpflanzung des Rindes, wurden 1999/2000 Versuche zur Eignung der ausgewählten Parameter, Körperkerntemperatur, Bewegungsaktivität und Leitfähigkeit des Vaginalschleims, für Aussagen im Herdenmanagement durchgeführt. Dabei wurde untersucht, welche Parameterkombination ein Optimum an Aussagesicherheit für den Landwirt mit Rückschlüssen auf die Tiergesundheit und den Besamungszeitpunkt erlaubt.

Ziel ist es, dem Tierhalter ein funktionssicheres, leicht handhabbares Tierdatenmess- und -übertragungssystem auf der Basis integrierter Sensoren bereitzustellen.

2 Material und Methode

2.1 Messparameter

Die Kriterien Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Leistungsvermögen beeinflussen das Produktionsergebnis und die Rentabilität des Betriebes entscheidend. Es galt zu klären, welche tierphysiologischen Parameter eine hohe Aussagesicherheit für die genannten Kriterien besitzen, wie und wo diese Parameter am bzw. im Tier exakt, kontinuierlich und über einen längeren Zeitraum tiergerecht messbar sind. Übereinstimmend wurden als Fazit der Auswertung der Fachliteratur, der Diskussionen mit Vertretern aus Praxis, Veterinärmedizin und Ethologie

sowie eigener Voruntersuchungen die Parameter Körpertemperatur (KT), Körperkerntemperatur (KKT), Bewegungsaktivität (BA) und Leitfähigkeit des Vaginalschleims (LV) genannt.

Unter KT beim Rind wird im Allgemeinen die innere Körpertemperatur verstanden, die im praktischen Landwirtschaftsbetrieb rektal mit einem Maximalthermometer oder mit einem elektronischen Digitalthermometer gemessen wird.

Die Höhe der Körpertemperatur gibt aus klinischer Sicht Auskunft über den Gesundheitszustand von Tieren. Hier ist nicht nur die absolute Höhe der Körpertemperatur von Bedeutung, sondern auch deren Verlauf über mehrere Tage, weil dadurch auf ablaufende Abwehrprozesse im Körper oder auf die Gesundheit des Tieres geschlossen werden kann.

Die Körpertemperatur spielt nicht nur im Krankheitsgeschehen eine große Rolle. Sie gibt auch wichtige Hinweise über den Ablauf von physiologischen Vorgängen wie Brunst oder Geburt. Als KKT wird die reale, im Körperinneren eines Tieres gemessene Temperatur bezeichnet, die nicht von Klimafaktoren wie Wind, Niederschlägen und Luftfeuchtigkeit beeinflusst wird. Sie ist nur mit speziellen Messgeräten, die vaginal integriert sind (Datenlogger) messbar. Die ermittelte Temperaturdifferenz zwischen KKT und KT liegt bei +1,3 K und ist hoch signifikant. Temperaturvergleiche mit Injektaten im Scutulum und vaginal lokalisierten Datenloggern zeigten bei den untersuchten Tieren Differenzen von +1,1 °C bis +1,7 °C zugunsten der KKT. Der Messparameter BA als Ausdruck für das "Lokomotionsverhalten" von Rindern ist gut geeignet für Einschätzungen zum körperlichen Wohlbefinden von Tieren. Verminderte Tieraktivitäten, die durch lange Liege- oder Stehphasen charakterisiert sind, gelten als typische Anzeichen einer beginnenden Erkrankung. Brunstsymptome kommen bei freilaufenden Rindern (Laufstallhaltung) deutlicher zum Ausdruck als in Anbindehaltung. Bei Anbindehaltung hängt die Brunsterkennung allein von der Beobachtungsgabe des Landwirtes ab und ist vielfach nicht so ausgeprägt wie bei der Laufstallhaltung von Kühen. Der Anteil stillbrünstiger Tiere ist in der Anbindehaltung deutlich höher.

Einen wichtigen Parameter für die Brunsterkennung stellt nach Auswertung der Fachliteratur auch die LV dar. Das Messprinzip beruht auf der bekannten Veränderung des elektrischen Widerstandes des Vaginalschleims im Zyklusverlauf. Versuche und Untersuchungen zur Messung des elektrischen Widerstandes an den äußeren Geschlechtsorganen bzw. in der Vagina werden im recherchierten Schrifttum sehr differenziert und teilweise widersprüchlich beurteilt. Neben den unbefriedigenden Ergebnissen bei der Verwendung von Brunstmessgeräten muss auf die Gefahr der Infizierung des Genitaltrakts mit Krankheitserregern durch die erforderlichen Wiederholungsmessungen hingewiesen werden.

2.2 Versuchsanlage

Gemeinsam mit der Tierärztlichen Hochschule Hannover (Bereich Gynäkologie und Fortpflanzung des Rindes) wurden Untersuchungen zur Aussagerelevanz der Messparameter KKT, LV und BA für die Tiergesundheit und das Brunstgeschehen beim Einzeltier durchgeführt. Erste Versuche dazu erfolgten im Oktober 1999 und im Januar/Februar 2000. Für die Brunsterkennung unter den Bedingungen der landwirtschaftlichen Produktion kommen nur Messmethoden in Betracht, die direkt am oder im Tier durchgeführt werden können. Ein sensorgestützter 2-Kanal-Langzeitdatenlogger aus der Industrieforschung bot dazu gute Möglichkeiten. Der Logger wurde am ATB in Bornim für Forschungsvorhaben in der Tierhaltung modifiziert, weiterentwickelt und in ersten Versuchen bei Mutterkühen eingesetzt. Mit dem Datenlogger wurde es möglich die KKT von Rindern und ihren Verlauf über beliebig lange Versuchsperioden aufzuzeichnen. Der zweite verfügbare Datenkanal wurde für die Messung der LV genutzt. Hauptproblem des Messsystems in der ersten Phase war der Datentransfer, der nur nach

Entnahme der Datenlogger aus der Tierkörper und Auslesen der gespeicherten Daten am PC möglich war. Unter Einbeziehung eines Ingenieurbüros konnte der Datenlogger so weiterentwickelt werden, dass der direkte Datentransfer vom Tierkörper zum PC mittels Modem möglich wurde. Gleichzeitig erfolgte, basierend auf ersten Ergebnissen mit Mutterkühen, ein Wechsel des zweiten Messparameters. Anstelle der nicht verwertbaren Ergebnisse der LV wurden in der neuen Parameterkombination KKT und BA erfasst. Die verwendeten Datenlogger der 1. Generation (ohne direkten Datentransfer) sind wasserdichte, schockfeste und bis 10 bar drucksichere Datensammler mit einer Gesamtspeicherkapazität von 33.000 Messwerten. Der Logger ist 75 mm lang und hat einen Durchmesser von 28 mm. Er hat pro Parameter eine Speicherkapazität von 16.500 Messwerten und kann für eine Messzeit von 4 bis 454 Tagen mit Abtastintervallen von 10 sek. bis 20 min programmiert werden. Zur Energieversorgung dient eine 3 Volt Li-Batterie. Die Datenlogger der 2. Generation (mit direktem Datentransfer) arbeiten mit einer 3,6 V Lithium-Batterie und haben eine Lebensdauer von ca. 8 Monaten. Sie sind wasserdicht, stoßfest und drucksicher bis 10 bar. Baustein für die Messwerterfassung ist ein digitaler Temperatursensor. Für die Erfassung der BA wird ein Aktivitätssensor, Schochsensor PKSI (Piezo), verwendet. Der Datenlogger hat eine Länge von 120 mm und einen Durchmesser von 26 mm. Im Vaginaltrakt wird der Logger mittels einer "Plastspinne" lokalisiert. Die Erfassungszeit für die Tierdaten ist konfigurierbar im Bereich 1 bis 99 Minuten, der Temperaturmessbereich liegt zwischen ± 0 bis +60 °C. Die Speicherkapazität beträgt 2.045 Datensätze. Gegenwärtig werden die gespeicherten Tierdaten mittels Modem aus dem Tierkörper abgerufen.

In den Versuchen an der Tierärztlichen Hochschule Hannover wurden beide Loggervarianten eingesetzt. Die Versuchsdauer betrug in beiden Testreihen jeweils 14 Messtage. Alle Versuchstiere waren bei Versuchsbeginn synchronisiert. Nach einer "Gewöhnungsphase" von fünf Tagen erhielten alle Tiere am 6. Versuchstag zur gleichen Zeit eine Applikation mit dem Sexualhormon Prostaglandin F^2 zur Auslösung einer künstlichen Brunst.

Die provozierte Brunst tritt nach langjährigen Erfahrungen bei gesunden Tieren zwischen dem dritten bis vierten Tag nach der Applikation ein. Erkrankte Tiere reagieren mit verzögerten Brunstreaktionen erst nach fünf bis sechs Tagen.

Zwei Kühe erhielten Datenlogger für den direkten Transfer von Tierdaten. Von diesen Loggern wurden im Messzeitintervall von 5 min die Parameter KKT und BA erfasst, gespeichert und einmal täglich ausgelesen. Den beiden anderen Versuchstieren wurde ein Langzeitdatenlogger eingesetzt, der im gleichen Messzeitintervall die Parameter KKT und LV erfasste und speicherte. Die Messwerte dieser Logger wurden zum Versuchsende am PC ausgelesen. Die Datenlogger wurden den Tieren vom Versuchstierarzt eingesetzt und zur Verlustvermeidung im Schambereich angenäht.

Die Versuchstiere befanden sich im Endstadium der Laktation zwischen dem 210. und 250. Laktationstag. Die Versuchsgruppe war im Hofbereich des Klinikums in einer Gruppenbucht untergebracht. Sie wurde normgerecht versorgt und betreut. Zweimal täglich, morgens um 7.00 h und am Abend um 19.00 h, wurden bei allen Tieren rektale Körpertemperaturmes-sungen als Kontrollmessungen durchgeführt und festgehalten. Vor Versuchsbeginn wurden alle Kühe täglich zweimal gemolken, im Versuch selbst entfiel das Abendmelken. Es sollten die Reaktionen der Tiere auf Melkeinschränkungen und Hormonapplikationen zur Brunstauslösung beobachtet und gemessen werden. Durch den betreuenden Versuchstierarzt erfolgte täglich die Messdatenübernahme bei den Tieren, die mit Datenloggern zum direkten Datentransfer ausgerüstet waren.

Über erste Ergebnisse der Versuche wird berichtet.

3 Ergebnisse

Tierdatenmessungen stellen heute ein unverzichtbares Mittel zur Gesundheitsüberwachung, Brunst- und Geburtskontrolle sowie zur maximalen Leistungsausschöpfung beim Einzeltier dar. In Abbildung 1 sind die Verlaufskurven der Messwerte KKT, rektale Körpertemperatur und BA, von einem Datenlogger mit direktem Datentransfer für die Versuchstier über den Versuchszeitraum dargestellt. Die rektale Kontrollmessung der Körpertemperatur wurde mit einem Fieberthermometer durchgeführt.

Die Abbildung zeigt das typische Erscheinungsbild für Beginn und Verlauf einer Mastitiserkrankung und den Brunstverlauf mit dem Brunsthöhepunkt nach der Hormonbehandlung mit Prostaglandin F^2.

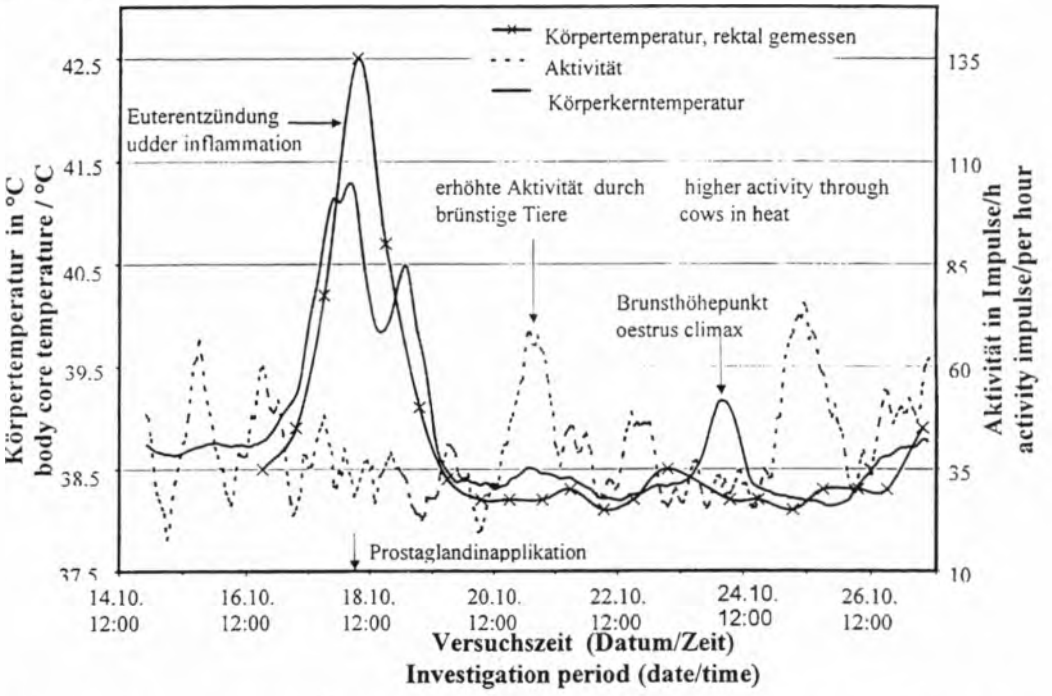


Abb. 1: Temperatur- und Aktivitätsveränderungen bei einem Versuchstier mit Euterentzündung und Brunsthöhepunkt
Course of body temperature and activity from a test cow with udder inflammation and oestrus climax

In beiden Temperaturverläufen, rektal und vaginal gemessen, zeigt sich die beginnende Eutererkrankung des Tieres am 17./18.10.1999. Bei der rektalen Morgenmessung wurde am 18.10. ein Fieberwert von 42,5 °C, beim Datenlogger von 41,2 °C, ermittelt. Die Diagnose ergab eindeutig eine Euterentzündung, die durch das Unterlassen des Abendmelkens provoziert wurde. Gestützt wird die beginnende Erkrankung durch den Abfall der Aktivitäten des Tieres im gleichen Zeitraum. Die bekannte Tatsache, dass Krankheiten durch erhöhte Körpertemperatur und verminderte Bewegungsaktivitäten charakterisiert werden, läßt sich belegen.

Die Kombination der Messparameter KKT und BA ist gut geeignet eindeutige und sichere Aussagen zum Krankheitsstatus eines Tieres vorzunehmen. Die Prostaglandinapplikation am 18.10. erfolgte bei diesem Versuchstier praktisch im Krankheitsstadium. Durch die massive Euterentzündung kam es deshalb zu einer Verzögerung im Brunstzyklus dieses Tieres von etwa zwei Tagen. Der Kurvenverlauf der Körperkerntemperatur zeigt den Brunsthöhepunkt mit einer gemessenen Temperatur von 39,2 °C deshalb nicht wie zu erwarten war am 21./22., sondern erst am 23./24.10. an. Betrachtet man den Verlauf der Rektaltemperaturmessung, so

wird klar, dass der optimale Brunsthöhepunkt zu diesem Zeitpunkt mit einer gemessenen Temperatur von 38,3 °C nicht zu registrieren war, wie ein Temperaturvergleich zeigt. Der Aktivitätsverlauf des Tieres vermittelt einige interessante Tendenzen. Das System zeigt einen "Peak" in der Aktivitätskurve am 21./22.10., dem Zeitpunkt an dem nach einer Hormonbehandlung eine Brunst zu erwarten war. In diesen Zeitraum fallen die Brunsthöhepunkte der drei anderen Versuchstiere, die nicht so gravierend mit leichten Euterentzündungen auf die Melkveränderungen im Versuch reagiert haben. Das noch nicht brünstige Tier ist in dieser Phase ständig unterwegs, um die Artgenossen zu kontrollieren, den Duldungsreflex zu prüfen und sie zu bespringen, was zu einem hohen Anstieg der eigenen Aktivität führt. Der Duldungsreflex bei eigener Brunst am 23./24.10. ist verbunden mit einer deutlichen Abnahme der eigenen Aktivität, was sich in verminderten Aktivitätsimpulsen im Datenlogger ablesen lässt. Auch hier lassen sich mit der Kombination KKT und BA eindeutige Aussagen zum Brunstgeschehen ableiten. Der Aktivitätspeak unserer nicht brünstigen Versuchskuh am 21./22.10. ist ein klassisches Beispiel für Fehlinterpretationen bei Brunstmeldungen, wie sie bei ausschließlichen Aktivitätsmessungen mit Pedometern festzustellen sind. Das angeführte Beispiel kann als Beleg dafür dienen, dass die Kombination sich gut ergänzender tierphysiologischer Parameter wie KKT und BA in einem exakt und kontinuierlich arbeitenden Tierdatenmesssystem eindeutige und sichere Rückschlüsse auf Tiergesundheit und Besamungszeitpunkt ermöglicht.

In Abbildung 2 werden die Ergebnisse für die Parameterkombination KKT und LV dargestellt erfasst von einem Datenlogger mit indirektem Datentransfer am Versuchsende.

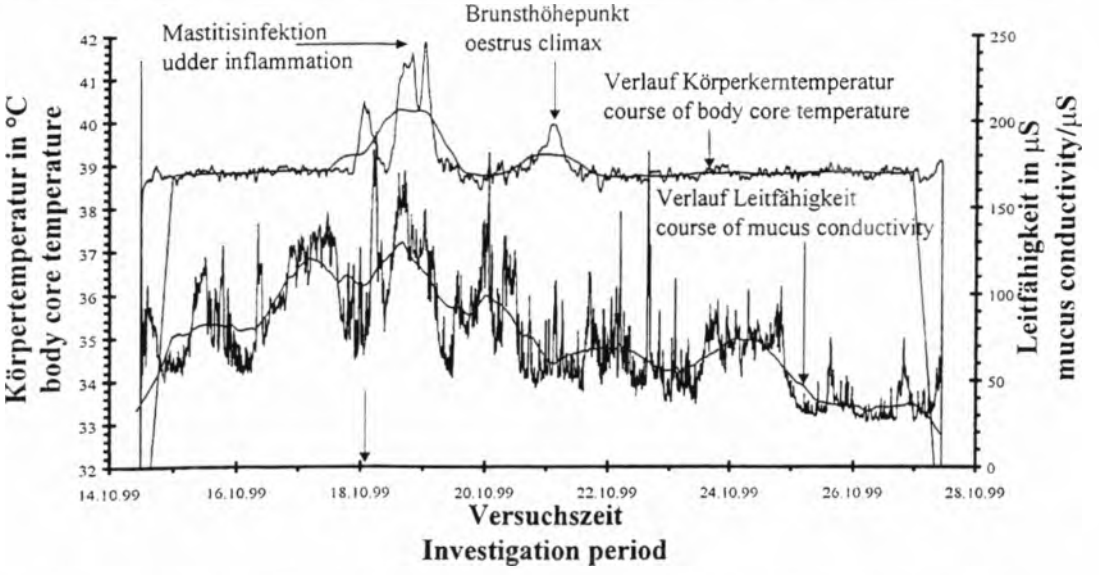


Abb. 2: Verlauf von Körperkerntemperatur und Leitfähigkeit bei Versuchskuh mit Euterentzündung und Brunsthöhepunkt
Course of body core temperature and mucus conductivity from a test cow with udder inflammation and oestrus climax

Der Verlauf der Körperkerntemperatur bei unserem Versuchstier ist gekennzeichnet durch eine massive Euterentzündung am 19./20.10. und den Brunstverlauf mit Höhepunkt am 21.10.1999. Die Euterentzündung bricht bei dieser Kuh einen Tag nach der Prostaglandin-Injektion aus und verzögert nicht, wie im Gegensatz dazu in Abbildung 1 zu sehen den provozierten Brunstablauf um ein bis zwei Tage. Exakt drei Tage nach der Hormonbehandlung tritt der erwartete Höhepunkt der Brunst deutlich erkennbar im Kurvenverlauf am 21. Oktober ein.

Ein völlig anderes Bild zeigt den Verlauf der Leitfähigkeit des Vaginalschleims. Der von vielen Höhen und Tiefen gekennzeichnete Kurvenverlauf lässt keine eindeutige Interpretation zu,

obwohl nach der Prostaglandin-Injektion ein Rückgang der Leitfähigkeit, der für eine beginnende Brunst typisch ist, erkennbar ist. Die Untersuchungen bestätigten die Annahme früherer Ergebnisse, dass dieser Parameter für Aussagen zum Brunsthöhepunkt und zur Tiergesundheit nicht geeignet ist. Diese Erkenntnisse werden durch Fachtierärzte/Fachkollegen bestätigt.

4 Schlussfolgerungen

Tierdatenmesssysteme mit kontinuierlicher Datenerfassung, -speicherung und -auswertung über längere Zeiträume und direktem Datentransfer vermitteln dem Landwirt ein aktuelles Bild seines Tierbestandes, unter den Aspekten Tiergesundheit, und des Brunstverlaufs.

Günstigste Parameterkombination für zuverlässige, sichere Aussagen sind Körperkerntemperatur und Tieraktivität. Die Leitfähigkeit des Vaginalschleims ist bedingt durch einen hohen Grad an schwer definierbaren Einflussfaktoren kein geeigneter Parameter.

Die Verknüpfung der Messparameter Körperkerntemperatur und Tieraktivität und die damit möglichen Ergänzungen bei der Interpretation sind sehr gut geeignet schwach oder stillbrünstige Tiere zu erkennen.

Nächste Schritte der Vervollkommnung des Tierdatenmesssystems sind: Entwicklung einer zentralen, stationären Antenne; Reduzierung der Dimension des Datenloggers (Länge, Durchmesser); Einbeziehung der Herzfrequenz als zusätzlichen relevanten Messparameter.

Oestrus detection and health check with sensor-aided radio data loggers

BREHME, ULRICH[1]; DIRK AHLERS[2], PETER LAUFELD[1], PETER SCHEIBL[2], EIKE SCHERPING[1] AND DETLEF WERNER[1]

[1] Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany
[2] Tierärztliche Hochschule Hannover, 30173 Hannover, Germany

Past and current investigations with sensor-aided measurement systems in cattle the produce the following results:

Body temperature plays a decisive role in health and oestrus detection. In contrast to activity-control systems, automatic body temperature monitoring in the stage of development and testing. Body core temperature provides more exact data than body temperature, because the data are measured continuously over a long time. In general, increased activity is a very good indicator that heat is approaching. Due to increased activity, 50 to 60 % of the cows in heat can surely be identified only with a pedometer. The error rate is approximately 40 to 50 %.

From a combination of body temperature and activity it is possible to identify 90 % of the cows in heat. The combination also helps to identify cows with a silent oestrus.

Mucus conductivity is an useless parameter to a measurement system, because to many factors are influenced the data.

Rechnergesteuerte Wiegetröge zur automatischen Erfassung der Futteraufnahme für Rinder, Schweine und Schafe

WENDL, G., F. WENDLING, S. BÖCK, G. FRÖHLICH UND G. RÖDEL

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttingerstr. 36, 85350 Freising

1 Einleitung und Zielsetzung

Wissenschaftliche Fütterungsversuche und objektive Leistungsprüfungen in der Tierhaltung erfordern eine möglichst exakte Feststellung der Grund- und Kraftfutteraufnahme des Einzeltieres. Da derartige Untersuchungen mit konventionellen Verfahren, d.h. manuelle Verwiegung der Futtervorgabe und des Futterrestes, sehr personalintensiv sind, wird vereinfachend meist nur eine gruppenbezogene Registrierung der Futteraufnahme durchgeführt. Für eine effektivere Zucht- und Forschungsarbeit wären jedoch Einzeltierversuche wesentlich aussagekräftiger. Der Einsatz rechnergesteuerter Verfahren für diesen Anwendungsbereich könnte zur erheblichen Reduzierung des Arbeitsaufwandes und zu differenzierteren Aussagen beitragen.

Ziel war es deshalb, für Rinder, Mastschweine und Mastlämmer jeweils eine technische Einrichtung bis zur Praxisreife zu entwickeln, mit der die Futteraufnahme (Menge pro Fressvorgang) und das Fressverhalten des einzelnen Tieres (Zeitpunkt, Dauer, Anzahl der Fressperioden) möglichst exakt mit minimalem Arbeitszeitaufwand und bei variabler Fütterungsstrategie (ad lib. oder rationiert) erfasst werden kann. Die Tiere sollten dabei in der gewohnten Gruppe gehalten und mit den üblichen Futtermitteln versorgt werden können.

2 Technische Beschreibung der entwickelten Wiegetröge

2.1 Grundprinzip

Prinzipiell erfolgt die Ermittlung der Futteraufnahme über eine Verwiegung des Futtertroges und die Erkennung des Einzeltieres über einen elektronischen Transponder. In der Grundstellung ist der Zugang zum Futtertrog versperrt. Ein Absperren des Futtertroges ist notwendig, um eine möglichst exakte Ermittlung des Troggewichtes ohne irgendwelche Beeinflussung durch die Tiere zu gewährleisten und auch feste Futterzeiten vorgeben zu können. Bei verschlossenem Zugang zum Futtertrog wird das Troggewicht über Wägezellen erfasst und als Anfangsgewicht festgehalten. Unverzichtbarer Bestandteil eines Wiegetroges ist die elektronische Tieridentifikation. Über einen Transponder (elektronische Ohrmarke oder Injektat) wird das Tier erkannt, das gerade den Futterstand betreten hat. An Hand der Transpondernummer prüft der Prozessrechner, ob das Tier ein Futteranrecht hat. Bei Anrecht wird der Zugang zum Futtertrog freigegeben und das Tier kann Futter aufnehmen. Nach erfolgter Futteraufnahme und Verlassen des Troges wird die Fressöffnung wieder verschlossen und das Endgewicht des Troges ermittelt. Aus der Differenz des Anfangs- und Endgewichtes wird daraufhin die aufgenommene Futtermenge berechnet. Bei Schweinen und Schafen wird gegebenenfalls Kraftfutter mit definierbaren Futtermengen in den Fresstrog nachgefüllt. Jeder Wiegetrog verfügt über einen eigenen Prozessrechner, der alle Steuer- und Datenerfassungsaufgaben vor Ort

vornimmt und als autarkes Subsystem arbeitet. Beim Einsatz mehrerer Stationen kann dadurch eine hohe Ausfallsicherheit des Gesamtsystems erreicht werden.

Bei jedem Fressvorgang werden vom Prozessrechner folgende Daten erfasst bzw. berechnet:

- Tiernummer und Standnummer
- Datum und Uhrzeit des Besuchsbeginns und Besuchsendes
- laufende Besuchsnummer pro Tag
- Anfangs- und Endgewicht des Troges
- aufgenommene Futtermenge.

Vom Prozessrechner werden diese Daten zwischengespeichert und zyklisch auf einen PC übertragen. Dieser ist für das Management und die Überwachung des Gesamtsystems sowie die langfristige Datenspeicherung und -auswertung zuständig. Ein 24-Stunden-Betrieb des PC ist nicht erforderlich, da der Prozessrechner im Futterstand alle Steuerungsaufgaben vor Ort selbständig durchführt.

2.2 Grundfutterwiegetrog für Rinder

Für die Erfassung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen und Mastbullen wurde jeweils ein Wiegetrog entwickelt (Abb. 1). Die Funktionsweise ist identisch, nur die jeweiligen Maße und die Trogvolumina sind den Tiergrößen angepasst. Der Wiegetrog ist so konstruiert, dass das übliche Fressgitter durch den Grundrahmen ersetzt wird. Am Grundrahmen hängt auf zwei Wägezellen der Wiegerahmen, der über Halterungen den Wiegetrog aufnimmt. Durch diese Bauweise ist gewährleistet, dass auf den Futtertisch keine Vorrichtungen befestigt werden müssen und deshalb bei Nichtbenutzung der Wiegetröge der normale Futtertisch ohne Einschränkungen benutzt werden kann. Das Grundfutter kann über einen Futtermischwagen in den Wiegetrog befüllt werden. Zur leichten Entleerung des Restfutters ist der Trog drehbar angeordnet. In der Grundstellung ist der Zugang zum Wiegetrog durch ein Drehtor versperrt,

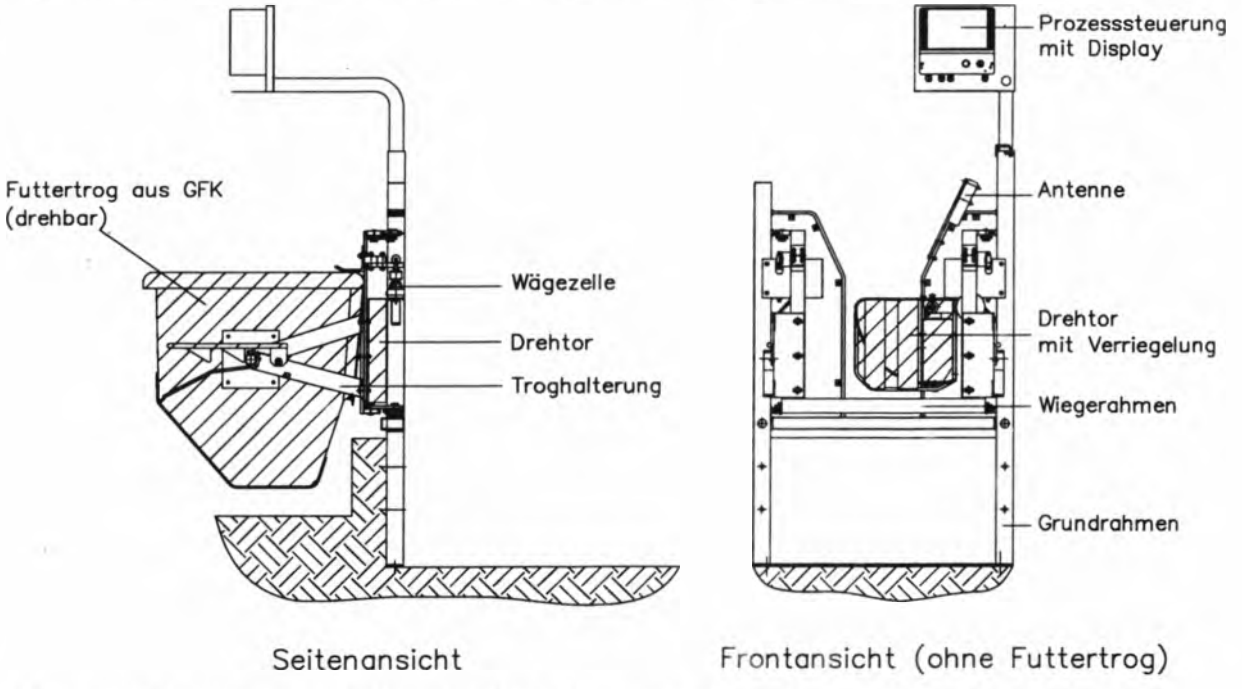


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Wiegetroges für Kühe
Design of weighing trough for cows

das bei Futteranrecht vom Prozessrechner entriegelt wird und anschließend vom Tier nach unten gedrückt werden kann, so dass eine Futteraufnahme möglich ist. Hat das Tier den Wiegetrog verlassen, wird über Schwerkraft das Drehtor wieder verschlossen, dadurch das Ende des Fressvorganges erkannt und der Fressvorgang abgeschlossen.

2.3 Futterstand für Mastschweine

Der Futterstand für Mastschweine unterscheidet sich vom Rinderwiegetrog grundsätzlich dadurch, dass nur Trockenfutter verfüttert wird, das bei Bedarf aus einem Vorratsbehälter über einen Dosierer in den Futtertrog zugeteilt wird. Außerdem wird der Zugang zum Futtertrog aktiv über einen Elektromotor gesteuert (Abb. 2). Damit besteht die Möglichkeit, Tiere während der Futteraufnahme aus dem Futtertrog zu verdrängen – eine Möglichkeit, die bei der Grundfutteraufnahme von Rindern nicht für sinnvoll und notwendig erachtet wurde. Um Absetzferkel und Mastschweine mit dem gleichen Futterstand versorgen zu können, sind zwei Troggrößen vorhanden, die leicht ausgewechselt werden können. Auch die Fressöffnung und die Standbreite sind aus diesem Grund verstellbar. Der Fresstrog hängt an einer Wägezelle, die zum besseren Schutz im oberen Bereich des Futterstandes angeordnet ist. Betritt ein Schwein den Fressstand, so wird es über eine Stabantenne identifiziert und bei Futteranrecht der Fresstrog geöffnet. Die Antenne ist so angebracht, dass das Schwein auch während der Futteraufnahme ständig im Empfangsbereich der Antenne ist. Wenn das Schwein den Futterstand verlässt, wird dies über die Identifikation erkannt, anschließend der Fresstrog verschlossen und der Besuch abgeschlossen.

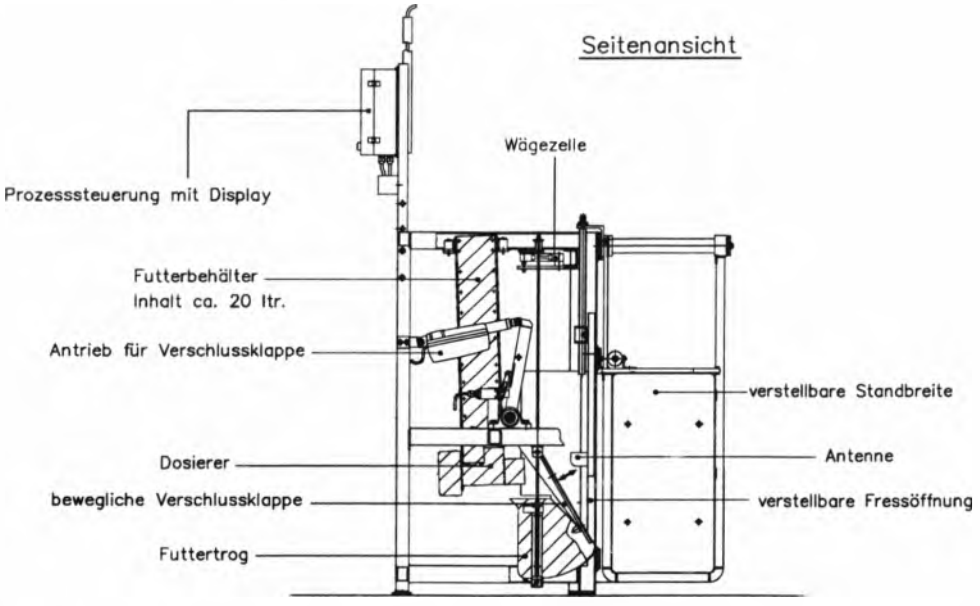


Abb. 2: Schematischer Aufbau des Futterstandes für Ferkel und Mastschweine
Design of feeding station for piglets and fattening pigs

2.4 Futterstand für Schafe

Prinzipiell ähnelt der Futterstand für Schafe dem für Schweine. Auch hier hängt der Fresstrog an einer Wägezelle und der Zugang zum Trog wird aktiv gesteuert. Die Anordnung der einzelnen Komponenten und die Standform ist jedoch der Tierart angepasst (Abb. 3).

Die Tiererkennung erfolgt über den Transponder und zusätzlich über eine Lichtschranke, die die Überwachung des Aufenthaltes im Fressbereich übernimmt. Damit wird unabhängig von der elektronischen Tieridentifizierung festgestellt, ob sich ein Tier in der Fressposition befindet. Um ein Einklemmen des Tierkopfes bei aktivem Verschließen des Verschlussgitters auszuschließen, wurden Sicherheitsvorkehrungen getroffen. Der Futterstand ist als Einzel- oder Doppelstand verfügbar, mit dem zwei Tiergruppen getrennt gefüttert werden können. Neben der Verfütterung von Kraftfutter wurde auch eine Standversion entwickelt, mit der den Schafen gehäckseltes Heu in loser Form angeboten werden kann. Dabei erfolgt keine Dosierung des Futtermittels, sondern die Tiere können aus einem Vorratsbehälter fressen, der an zwei Wägezellen aufgehängt ist.

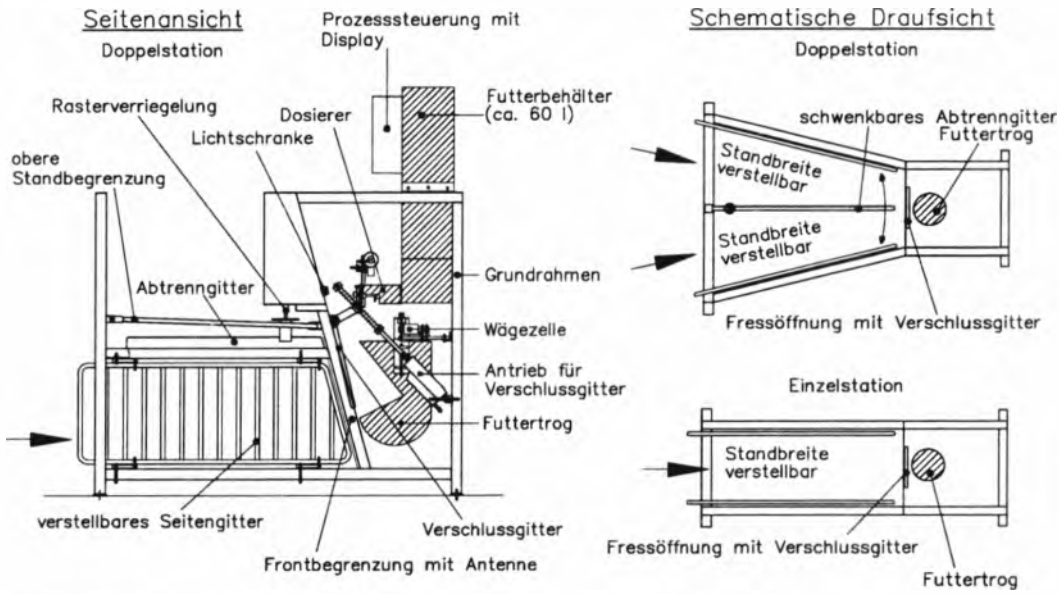


Abb. 3: Schematischer Aufbau des Futterstandes für Schafe
Design of feeding station for sheep

3 Beispielhafte Ergebnisse zur Futteraufnahme und zum Fressverhalten

Nachfolgend wird für Rinder und Schafe jeweils ein Versuchsergebnis vorgestellt, mit dem die automatisch erfassten Futterverzehrs- und Verhaltensdaten demonstriert werden sollen. Der wichtigste Parameter für Fütterungsversuche ist die aufgenommene Futtermenge. Abbildung 4 zeigt am Beispiel eines Mastbullen die individuelle Futteraufnahme über einen Zeitraum von 9 Monaten. Die Futteraufnahme war z.T. größeren täglichen Schwankungen unterworfen, sie stieg zu Beginn der Versuchsperiode relativ rasch an, erlitt dann gegen Ende des 3. Monats einen deutlichen Einbruch, erreichte Mitte des 6. Monats ihren höchsten Wert und war durch einen längerfristigen Einbruch im 8. Monat gekennzeichnet.

Die Prozessrechnersoftware ermöglicht aber nicht nur die Registrierung der täglichen Futteraufnahme, sondern auch eine detaillierte Dokumentation des individuellen Fressverhaltens, wie in Abbildung 5 beispielhaft für Lämmer gezeigt wird. Durchschnittlich haben die Schafe 1206 g Kraftfutter und 74 g Cobs aufgenommen, jedoch schwankte die Futteraufnahme zwischen den einzelnen Schafen beträchtlich. Bei der Aufnahme von Cobs waren die tierindividuellen Schwankungen wesentlich stärker ausgeprägt als beim Kraftfutter. Auch eine individuelle Vorliebe für ein bestimmtes Futtermittel zeigte sich deutlich.

Beispielsweise hatte Schaf 156 mit 820 g die geringste Kraftfutteraufnahme, dagegen mit 120 g eine sehr hohe Cobsaufnahme. Das Gegenteil wurde bei Schaf 165 beobachtet.

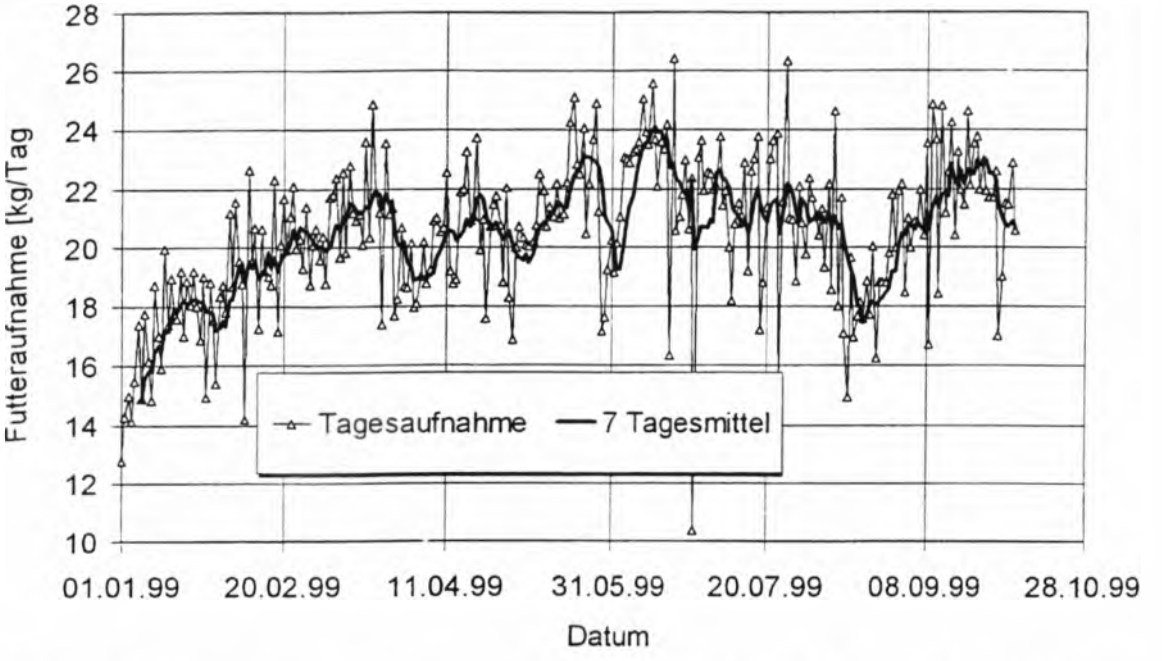


Abb. 4: Tägliche Futteraufnahme eines Mastbullen über einen Zeitraum von 9 Monaten
Daily feed intake of one fattening bull during a period of 9 months

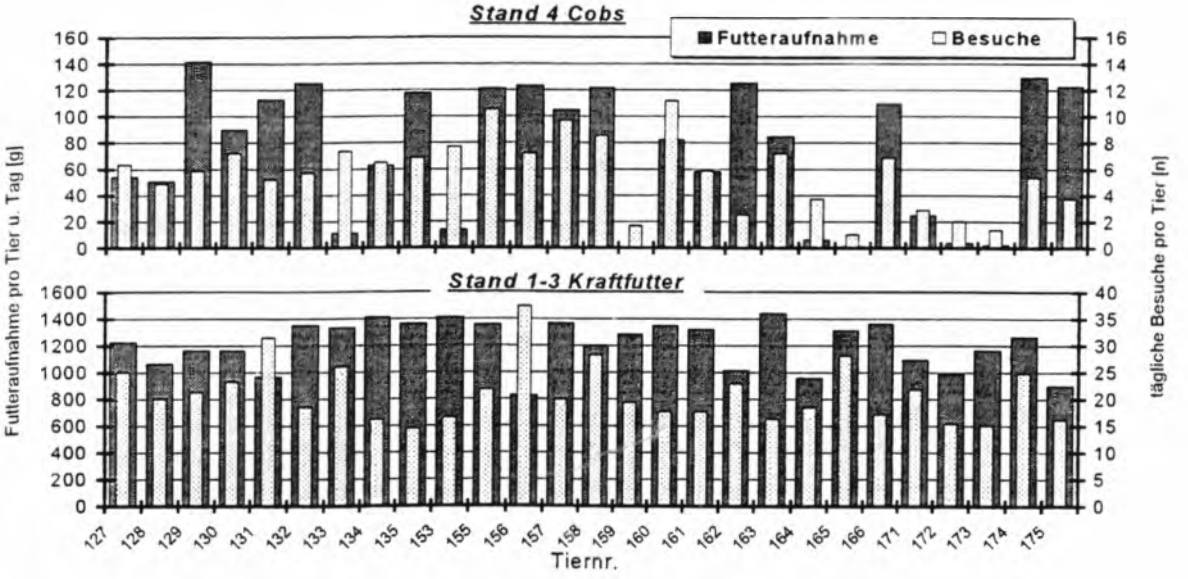


Abb. 5: Tägliche Futteraufnahme und Anzahl der Besuche von 27 Schafen an vier Futterständen (Mittel aus sechs Tagen)
Daily feed intake and number of visits of 27 sheep on four feeding stations (mean of 6 days)

Auch bei der Anzahl der Besuche am Futterstand wurden große Unterschiede registriert. Im Mittel nahmen die Lämmer an den Kraftfutterständen 21 Mal pro Tag Kraftfutter auf (Maximum 35, Minimum 15 Besuche). Der Cobsstand wurde wesentlich weniger frequentiert, hier lag der Mittelwert nur bei etwa 5 Besuchen. Weiterhin kann aus Abbildung 5 entnommen

werden, dass die Futteraufnahme der einzelnen Schafe pro Besuch sehr unterschiedlich ist. Einige Schafe benötigen deutlich weniger Besuche für die tägliche Futteraufnahme als ihre Artgenossen (z. B. Schaf 134 und 156).

Mit den ermittelten Besuchsdaten sind weitere interessante Analysen zum Fressverhalten möglich. So kann für das Einzeltier wie auch für die Herde die Dauer eines Besuches, die Verteilung der Besuche im Tagesablauf, die Fressgeschwindigkeit, die Höhe der Futteraufnahme pro Besuch, die Anzahl der Besuche ohne Futteraufnahme, die Auslastung der Futterstation und dgl. untersucht werden.

4 Zusammenfassung

Für die exakte Erfassung der Futteraufnahme des Einzeltieres wurden rechnergesteuerte Fütterungseinrichtungen entwickelt. Die individuelle Futteraufnahme wird dabei über die Verwiegung des Fresstroges in Kombination mit der elektronischen Tiererkennung registriert. Die entwickelten Futterstände sind eine geeignete Technik zur Durchführung von Fütterungsversuchen oder Leistungsprüfungen für Milchkühe, Mastrinder, Mastschweine und Lämmer. Neben einer Fülle von einzeltierbezogenen Daten zur Futteraufnahme können ohne einen nennenswerten manuellen Aufwand auch Daten zum Fressverhalten gewonnen werden. Mit den ermittelten Daten zur Futteraufnahme und zum Fressverhalten wird es auch möglich, eine rechnergestützte individuelle Tierüberwachung durchzuführen. Die beschriebene Technik wird inzwischen in verschiedenen Versuchsbetrieben eingesetzt.

Danksagung

Für Bereitstellung der Versuchsdaten zur Futteraufnahme und zum Fressverhalten wird dem Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus der TU München (Prof. Dr. A. Heißenhuber) und der Fachhochschule Weihenstephan (Prof. Dr. Bellof) herzlich gedankt.

Computer controlled weighing troughs for automatic registration of feed intake for cattle, pigs and sheep

WENDL, G., F. WENDLING, S. BÖCK, G. FRÖHLICH AND G. RÖDEL

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttingerstr. 36, 85350 Freising, Germany

Exactly recording an animal's feed intake is essential for precise nutritional research and breeding. But individual animal feeding experiments require significant labour input. Therefore computer controlled feeding systems were developed to record automatically the feed intake. The individual feed intake is registered by weighing the feeding trough combined with the use of electronic animal identification. The developed feeding stations are suitable for carrying out feeding experiments or performance tests for cows, fattening cattle, fattening pigs and lambs. Besides a lot of individual data regarding the feed intake, data describing the feeding behaviour can also be obtained without any manual efforts. Using the these recorded data a computer aided individual animal monitoring becomes possible. The described systems are used on different experimental farms.

Internationale Regelungen zur Minderung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen

DÄMMGEN, ULRICH[1], HELMUT DÖHLER[2] UND CORNELIA BERNS[3]

[1] Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, 38116 Braunschweig
[2] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 64289 Darmstadt
[3] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 53123 Bonn-Duisdorf

1 Maßnahmen zur Luftreinhaltung in Deutschland - eine kurze Übersicht

Die Minderung der Luftverschmutzung ist seit vielen Jahrzehnten eine Aufgabe der nationalen Umweltpolitik gewesen. Sie hat in Deutschland bereits frühzeitig zur Entwicklung von Gesetzen, Vorschriften und Normen geführt, deren Gegenstand die Überwachung der Luftqualität und die Begrenzung von Emissionen war (z.B. Bundesimmissionsschutzgesetz mit TA Luft, BimSchG 1994; Normen VDI 2380). Schutzgüter waren dabei die menschliche Gesundheit, aber auch die Gesundheit von Nutztieren, Nutzpflanzen und Wildpflanzen und ihr Schutz vor unerwünschten Einflüssen der Umgebungsluft. Als direkt wirksame Schadsubstanzen wurden dabei zunächst Staub und Schwefeldioxid angesehen. Später wurden im Zusammenhang mit der Bildung von bodennahem Ozon die Emissionen von Stickstoffoxiden und Kohlenwasserstoffen reglementiert.

Die Diskussion um den grenzüberschreitenden Transport solcher Luftverunreinigungen, die den „sauren Regen" hervorriefen und als eine Ursache der neuartigen Waldschäden angesehen wurden, führte 1979 zum Abschluß der Genfer Convention on Long Range Transport of Air Pollutants. Das Vertragswerk sah nicht nur eine Begrenzung der Emissionen vor, es schuf sich auch Instrumente zur Entwicklung und Kontrolle der Luftreinhaltepolitik. Gegenstand der Abkommen war zunächst die Reduktion der Schwefeldioxid-Emissionen (1985), dann der Stickstoffoxid-Emissionen (1988) und der flüchtigen organischen Stoffe (1991), der Schwermetalle und der persistenten organischen Schadstoffe (POPs) (1998) (zu einer Übersicht vgl. UN/ECE 1996, 2000a).

Man erkannte, dass die Veränderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre nicht nur deren Stoffhaushalt beeinträchtigte, sondern auch ihren Energiehaushalt; man begann, die Rolle der Treibhausgase zu verstehen und versuchte, Obergrenzen für die Emission von Treibhausgasen anhand von Modellen zu berechnen, die von dem Ausmaß der als noch erträglich angesehenen Effekte beeinflußt wurden. Damit wurde ein Weg zu Emissionsbeschränkungen beschritten, bei dem sich das Ausmaß der Emissionsminderung nicht primär am technisch Machbaren, sondern an einem (unerwünschten) Effekt orientierte (UNFCCC 1992/97). All diesen Ansätzen und Maßnahmen war gemeinsam, dass die entsprechenden Emissionen aus der Landwirtschaft klein gegenüber den Emissionen aus anderen Wirtschaftszweigen waren.

Als man vor mehr als 10 Jahren begann, sich dem Phänomen der Versauerung terrestrischer und aquatischer Ökosystem zu widmen, erkannte man zum einen, welch wichtige Rolle Ammoniak in diesem Zusammenhang spielt; zum anderen wurde deutlich, dass Versauerung und Eutrophierung von Ökosystemen und die Dynamik der Bildung und Zerstörung von bodennahem Ozon gemeinsam auf ein komplexes Geflecht von chemischen Reaktionen und von

atmosphärischen Transportvorgängen zurückzuführen sind, bei denen gleichermaßen Emissionen von Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden, Kohlenwasserstoffen und Ammoniak als Ursachen zu betrachten sind. Innerhalb des Genfer Luftreinhalteprotokolls wurde deshalb ein Multikomponenten-Multieffekt-Protokoll entwickelt, dessen erstes Ziel die Verringerung der durch Luftverschmutzung hervorgerufene Versauerung von schützenswerten natürlichen oder naturnahen Ökosystemen oder der Schädigung von vergleichbaren Schutzgütern war (UN/ECE 2000b). Wichtig war weiterhin, dass man mit Hilfe eines Modells, das die Entstehung, die Ausbreitung, die atmosphärischen chemischen Reaktionen, die Deposition und die Kosten der Minderungsmaßnahmen berücksichtigte (das Modell RAINS, vgl. IIASA 2000), nicht nur die „erträglichen" Emissionen abzuschätzen in der Lage war, sondern auch die Kosten, die bei einer solche Minderung für eine Volkswirtschaft zukommen.

Die gegenwärtigen Bestrebungen zur Verbesserung der Luftqualität werden vor allem von der Vorsorge um den Erhalt der menschlichen Gesundheit und die Minimierung von Kosten zu ihrer Erhaltung bzw. Wiederherstellung getragen (GRENNFELT ET AL. 2000). Die als erforderlich angesehenen Maßnahmen müssen und werden in anderer Weise als bisher Schwebstäube berücksichtigen (EU 2000). Ein umfassenderer Ansatz zur Luftreinhaltung wird deshalb ein gegenüber dem bisherigen RAINS-Modell erweitertes Modell zur Beschreibung von Ursachen, Transport und Wirkung luftverunreinigender Stoffe benutzen (Abb. 1).

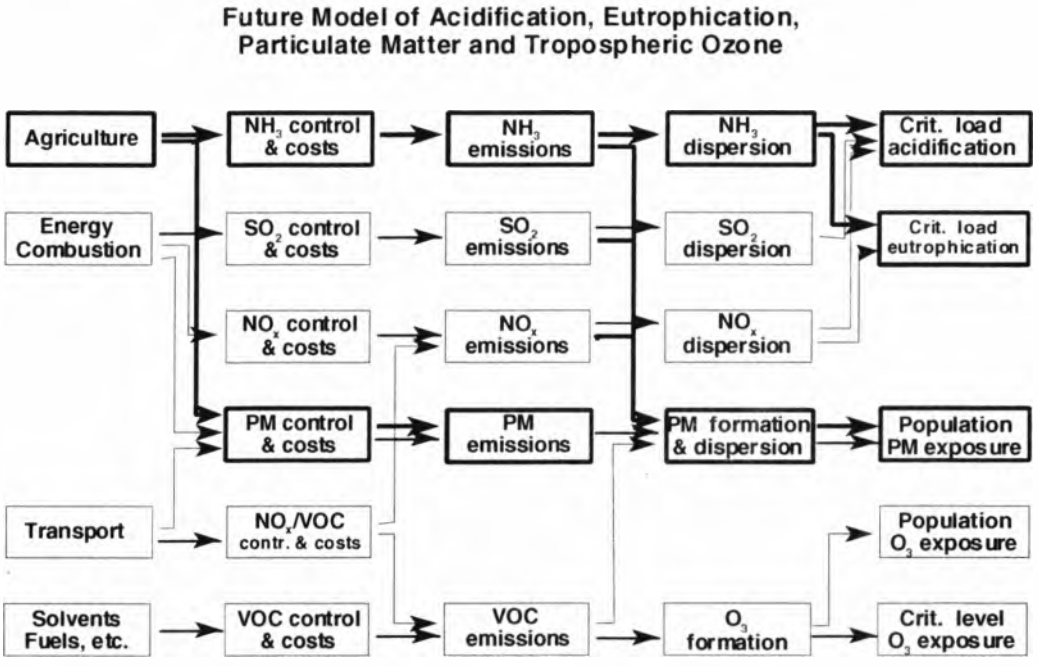


Abb. 1: Zusammenhänge zwischen den von einzelnen Quellgruppen emittierten Stoffe, ihre Interaktionen und ihre Wirkungen (PM: particulate matter). Emissionen aus der Landwirtschaft sind durch Kursivschrift und Liniendicke hervorgehoben (erweitertes RAINS-Modell)
Interrelations between substances emitted by different types of sources, their interaction and their effects (PM: particulate matter). The fate of emissions from agriculture is emphasized by italic letters and thicker lines (extended RAINS model)

Das RAINS-Modell (ohne Stäube) lag auch der Festlegung nationaler Emissionsobergrenzen in Europa zugrunde, das im Jahr 2000 ratifiziert wurde (EU 2000). Im Gegensatz zu den

bisherigen Abkommen wird das Erreichen dieser „National Emission Ceilings" verpflichtend. Das Nichterreichen der gesetzten Ziele wird mit Strafen bewehrt sein.

Landwirtschaftliche Quellen im engeren Sinne, Verbrennungsprozesse in der Energie- und der stoffwandelnden Wirtschaft und bei der Heizung, Individual- und öffentlicher Verkehr sowie die Verdampfung von Lösemitteln führen *gemeinsam* zu Versauerung und Eutrophierung sowie zu Belastungen der Atmosphäre mit Schwebstäuben und bodennahem Ozon. Hervorzuheben ist die Tatsache, dass etwa 80 % der deutschen NH_3-Emissionen aus der Landwirtschaft stammen und dass Landwirtschaft in zweifacher Weise zu den Konzentrationen von Schwebstäuben beiträgt: Durch direkte Emission gelangen Stäube in die Atmosphäre; durch die Emission von NH_3 als basischem Bestandteil ermöglicht sie die Entstehung von Sekundäraerosolen. Der Handlungsbedarf ist unübersehbar.

2 Der Handlungsbedarf

2.1 Beiträge landwirtschaftlicher Emissionen zur Versauerung

Die Versauerung von Ökosystemen durch Stoffeinträge aus der Atmosphäre wird im wesentlichen durch die Einträge von S- und N-Spezies bewirkt, wobei zu berücksichtigen ist, dass NH_3- bzw. NH_4-Depositionen im Boden zur Freisetzung von Protonen führen. Aus Abbildung 2 wird am Beispiel von Depositionen in der Schorfheide deutlich, dass auch in vergleichsweise emittentenfernen Gebieten die Säureeinträge (vermindert um die Ca-Einträge) die als kritisch angesehenen Belastungen überschreiten. Ein erheblicher Anteil entfällt auf die Einträge von Ammoniak und Ammonium.

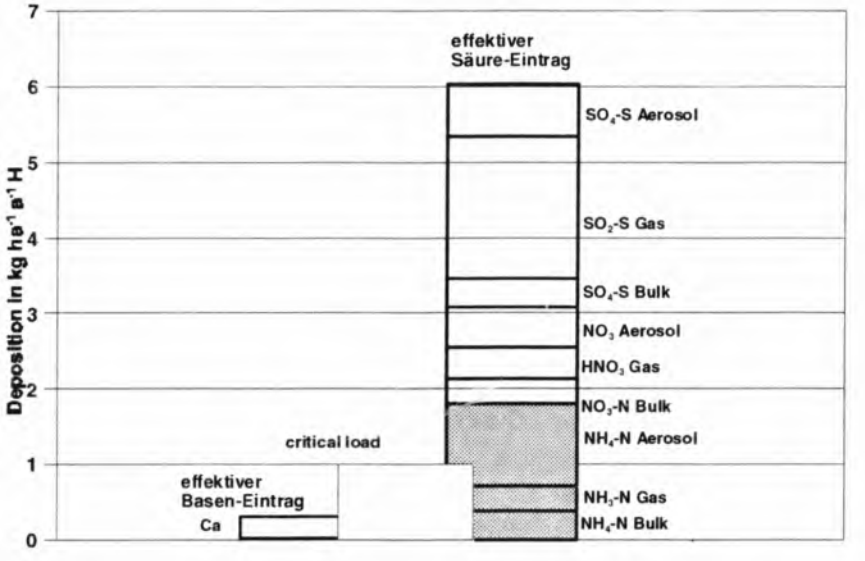


Abb. 2: Protonen-Einträge mit Stickstoff- und Schwefel-Verbindungen in ein Waldökosystem (Daten aus ZIMMERLING ET AL. 2000) mit den entsprechenden *Critical loads*. Einträge, deren Quellen wesentlich in der Landwirtschaft zu suchen sind, sind dunkel hervorgehoben
Proton inputs into a forest ecosystem with nitrogen and sulfur species (data from ZIMMERLING ET AL. 2000) in comparison with the local critical load. Inputs which mainly originate from agriculture are shaded dark

2.2 Beiträge landwirtschaftlicher Emissionen zur Eutrophierung

Weit größer als die Gefahr, die natürlichen und naturnahen Ökosystemen durch Versauerung droht, erscheint die Gefahr durch Überdüngung mit Stickstoff-Spezies. Aus Abbildung 3 geht beispielhaft hervor, um wieviel die tatsächlichen Einträge die als kritisch angesehenen Einträge überschreiten, auch, wie sehr Emissionen aus der Landwirtschaft an dieser Belastung beteiligt sind.

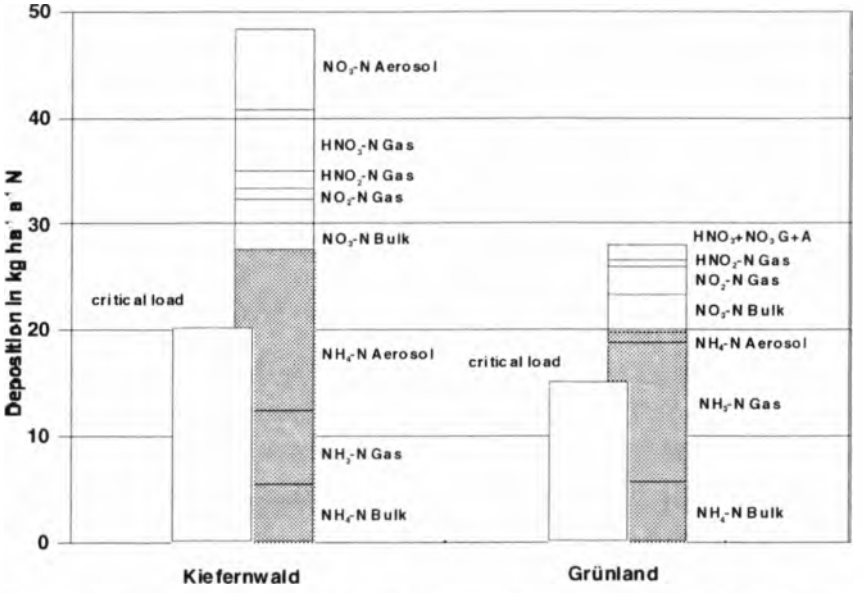


Abb. 3: Einträge reaktiver Stickstoff-Verbindungen in ein Wald- und ein Grünlandökosystem (Daten aus ZIMMERLING ET AL. 2000 und aus HESTERBERG ET AL. 1996) mit den entsprechenden *Critical loads*. Einträge, deren Quellen wesentlich in der Landwirtschaft sind, sind dunkel hervorgehoben
Inputs of reactive nitrogen species into a forest and a grassland ecosystem (data from ZIMMERLING ET AL. 2000 and HESTERBERG ET AL. 1996) in comparison with the respective critical loads. Inputs which can be attributed mainly to agricultural sources are shaded dark

2.3 Beiträge landwirtschaftlicher Emissionen zu den Konzentrationen von Schwebstäuben

Schwebstäube mit Partikeldurchmessern zwischen 0,1 und 3 µm sind im wesentlichen Sekundäraerosole. Solche Teilchen entstehen durch Kokondensation von atmosphärischen Säuren (HNO_3 und HCl) und Säurebildnerm (SO_2) sowie Basen (NH_3) an vorhandenen Keimen. Die wenigen Untersuchungen über die Zusammensetzung von solchen Stäuben machen deutlich, dass außer NH_4^+-Ionen praktisch keine Basen von Bedeutung sind. Aus dem Überwiegen der Anionen-Equivalente geht hervor, dass die Aerosole sauer sind oder sein können (z.B. ZINDER ET AL. 1988). Die Konzentrationen von NH_4-N im Schwebstaub belaufen sich auf 2 bis 4 µg m^{-3} N (ZIMMERLING ET AL. 2000b).

Alle Maßnahmen zur Minderung der Schwebstaub-Konzentrationen werden deshalb auch mit einer Verringerung der NH_3-Emissionen beginnen müssen.

3 Literatur

BUNDESIMMISSIONSSCHUTZGESETZ (BImSchG) (1994): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinflüssen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge vom 15.3.1974. Bundesgesetzblatt Teil I 1974, 712, 1193; Fassung vom 14.5.90. Bundesgesetzblatt Teil I 1994, 880, § 44

EU (Europäische Gemeinschaft) (1999): Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 163/41 vom 29.6.99

EU (Europäische Gemeinschaft) (2000): Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. Official Journal of the European Commmunities 2000/C 56 E/10 vom 29.2.2000, Entwurf der Endfassung vom 27.6.2000

GRENNFELT, P.; L. LINDAU, L. UND C. STERNHUFVUD (2000): Workshop on future needs for regional air pollution strategies, Saltsjöbaden 10 – 12 April 2000. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 100 S.

HESTERBERG, R.; A. BLATTER; M. FAHRNI; M. ROSSET; A. NEFTEL; W. EUGSTER UND H. WANNER (1996): Deposition of nitrogen-containing compounds to an extensively managed grassland in Central Switzerland. Environ. Pollut. 91, 21-34

IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis): Regional Air Pollution Information and Simulation Model (RAINS). (http://www.iiasa.ac.at/~rains/index.html)

NORM VDI 2310: Maximale Immissionswerte. Zahlreiche Blätter. VDI-Verlag bzw. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, seit 1974

SCHIMEL, D.; D. ALVES; I. ENTING; M. HEIMANN; F. JOOS; D. RAYNAUD; T. WIGLEY; M. PRATHER; R. DERWENT; D. EHHALT; P. FRASER; E. SANHUEZA; X. ZHOU; P. JONAS; R. CHARLSON; H. RODHE; S. SADASIVAN; K.P. SHINE; Y. FOUQUART; V. RAMASWAMY; S. SOLOMON; J. SRINIVASAN; D. ALBRITTON; R. DERWENT; I. ISAKSEN; M. LAL UND D. WUEBBLES (1996): Radiative Forcing of Climate Change. In: HOUGHTON, J.T.; MEIRA FILHO, L.G.; CALLANDER, LB.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (Hrsg.): Climate Change 1995. The Science of Climate Change. University Press, Cambridge, 65-131

UN/ECE (United Nations Economic Commission for Europe) (1996): 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution and its protocols. UN/ECE, New York and Geneva

UN/ECE (United Nations Economic Commission for Europe) (2000a): 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. (http://www.unece.org/env/lrtap/topframe.htm)

UN/ECE (United Nations Economic Commision for Europe) (2000b): Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. UN/ECE/EB.AIR/1999/1 vom 15.10. 1999 (http://www.unece.org/env/lrtap/protocol/99multi.htm)

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992/1997): The Convention and the Kyoto Protocol. United Nations, New York (http://www.unfccc.de/resource/convkp.html)

ZIMMERLING, R.; U. DÄMMGEN UND H.-D. HAENEL (2000a): Flüsse versauernd und eutrophierend wirkender Spezies zwischen Atmosphäre und Wald- und Forstökosystemen. In: DÄMMGEN, U. (Hrsg.):Versauernde und eutrophierende Luftverschmutzung in Nordost-Brandenburg. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 213, 95-127

ZIMMERLING, R.; U. DÄMMGEN UND U. BEHRENS (2000b): Konzentrationen versauernd und eutrophierend wirkender Spurengase und Aerosol-Bestandteile in Nordost-Brandenburg. In: DÄMMGEN, U. (Hrsg.):Versauernde und eutrophierende Luftverschmutzung in Nordost-Brandenburg. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 213, 43-93

ZINDER, B.; T. SCHUMANN UND A. WALDVOGEL (1988): Aerosol and hydrometeor concentrations and their chemical composition during winter precipitation along a moutain slope – II. Enhancement of below-cloud scavenging in a stably stratified atmosphere. Atmos. Environ. 22, 2741-2750

International conventions to abate ammonia emissions from agriculture

DÄMMGEN, ULRICH[1], HELMUT DÖHLER[2] AND CORNELIA BERNS[3]

[1] Institute of Agroecology, Federal Agricultural Research Centre, 38116 Braunschweig, Germany
[2] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 64289 Darmstadt, Germany
[3] Federal Ministry for Nutrition, Agriculture and Forestry, 53123 Bonn-Duisdorf, Germany

In the past, numerous attempts have been made to reduce air pollution with respect to human health, animal welfare and the conservation of nature both on national and international scale. However, emissions from agriculture were not the main topic of these regulations. Recently, the UN/ECE Convention on Long Range Transport of Air Pollutants adopted the Gotenburg mulipollutant – multieffect – protocol to abate acidification, eutrophication and the formation of ground-level ozone which does not only include ammonia as a major pollutant, but also links its emission targets to critical loads and to economic feasibility. A similar approach led to the derivation of the goals of the European proposal for national emission ceilings. In Germany, ammonia emissions stem almost entirely from agriculture, in particular from animal husbandry.

Measurements illustrate to what extent critical loads are exceeded within natural or near-natural ecosystems in Germany, both for inputs of acidifying species (including ammonia and ammonium) and of eutrophying species.

With respect to human health and the costs for its restoration, increased attention is being paid to aerosols. Agriculture emits aerosols directly. In addition to that, it contributes to the formation of secondary aerosols which are formed on existing nuclei by reaction of gaseous acids and their precursors (HNO_3, HCl, SO_2) with a volatile base (NH_3). Other bases are of negligible importance. Thus, measures to reduce the concentrations of atmospheric fine particles will also affect agriculture as a major source.

Aktuelle Änderungen im deutschen Umweltrecht - Umsetzung der IVU- und der UVP-Richtlinie

MARTIN, IRIS

Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. (DLG), Eschborner Landstr. 122, 60489 Frankfurt/Main

1 Einleitung

Das Recht der Europäischen Gemeinschaft gewinnt immer mehr an Einfluss für die Gesetzgebung der Mitgliedstaaten, so sind etwa 80 % der für Unternehmen bedeutsamen Rechtsakte europäischen Ursprungs. In den letzten Jahren sind mit dem Amsterdamer-Vertrag und einer Reihe internationaler Vereinbarungen, Verpflichtungen zu größeren Anstrengungen für den Umweltschutz gesetzt worden (AGENDA 21, 1999). So verpflichten sich die Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft gemäß Artikel 6 des EG-Vertrages, die Erfordernisse des Umweltschutzes bei der Festlegung und Durchführung der Gemeinschaftspolitik und -maßnahmen insbesondere zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung einzubeziehen. Bei der Durchführung von Umweltschutzmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion sind vielfältige Faktoren zu beachten. Zum einen existiert auf internationaler Ebene derzeit noch keine Einigung über die Struktur für die Beurteilung der Umweltbelastungen durch Tier-Produktionen. Zum anderen sind die engen Verzahnungen von Umwelt und Tierschutz nebst deren Wechselwirkungen bei der Aufstallung, Fütterung, Hygiene, dem Stallklima und dem Management zu beachten. So kann eine andere Fütterung, eine Umstellung im Stallmanagement oder ein anderes Haltungsverfahren zu höheren Umwelteinträgen/Emissionen führen. Ein Beispiel für die Europäisierung des Umweltschutzrechtes sind auch die EG-Richtlinie über die integrierte Verminderung und Vermeidung der Umweltverschmutzung von 1996 (IVU-RICHTLINIE) und die EG-Änderungsrichtlinie über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten von 1997 (UVP-RICHTLINIE).

Im folgenden soll am Beispiel dieser Richtlinien zum Umweltschutz der Stand der Umsetzung in deutsches Recht einschließlich der Richtlinienziele sowie die Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Nutztierhaltung dargestellt werden.

2 Umsetzung und Ziele der IVU- und der UVP-Richtlinie

2.1 Umsetzung der Richtlinien

Die Frist für die Umsetzung der UVP-Richtlinie, in der Fassung der Änderungsrichtlinie, ist am 14.03.1999 abgelaufen, die Frist für die Umsetzung der IVU-Richtlinie am 30.10.1999. Zunächst war geplant, die IVU-Richtlinie und die UVP-Richtlinie einheitlich im Rahmen des Umweltgesetzbuches (UGB) umzusetzen. Aufgrund verfassungsrechtlicher Erwägungen, die mit den Kompetenzen der Bundesländer im Gewässer- und Naturschutzrecht zusammenhängen, ist die Einführung des UGB zurückgestellt worden. Es ist damit zu rechnen, dass es nicht vor Ablauf von zwei Jahren zu einer Verabschiedung eines UGB kommen wird. Die Umsetzung der Richtlinien erfolgt in Deutschland durch ein Artikelgesetz. Mit dem Artikelgesetz zur Umsetzung der UVP-Richtlinie, der IVU-Richtlinie und weiterer EG-Richtlinien zum Schutz der Umwelt werden eine Vielzahl umweltrelevanter Gesetze und Rechtsverordnungen geän-

dert (s. Literatur). Der Entwurf des Artikelgesetzes (Stand 18.10.2000) befindet sich derzeit in der Länder- und Verbandsabstimmung und soll Ende 2000 in Kraft treten. Erfolgt die Umsetzung nicht fristgemäß, so liegt ein Verstoß gegen Art. 249 Abs. 3, Art. 10 Abs 1 des EG-Vertrages vor, der die Kommission zur Einleitung eines Vertragsverletzungsverfahrens veranlassen kann. Außerdem droht ein Zwangsgeldverfahren vor dem EuGH, wo Deutschland bereits 1998 wegen der unvollständigen Umsetzung der UVP-Richtlinie von 1985 verurteilt wurde.

2.2 Ziele der IVU- und der UVP-Richtlinie

Im Umweltschutz sind durch die IVU- und UVP-Richtlinien wesentliche Regelungen getroffen worden, die sich auf Bauvorhaben, auch in der Landwirtschaft, auswirken und Anforderungen an die Tierhaltung stellen. Die IVU-Richtlinie hat das komplexe Ziel, die Umwelt in ihrer Gesamtheit zu schützen und durch eine europaweite Festsetzung von materiellen Zielvorgaben und Standards eine Harmonisierung des Umweltrechtes herbeizuführen. Mit der UVP-Richtlinie sollen die Auswirkungen auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, einschließlich der Wechselwirkungen bei bestimmten Projekten ermittelt und bewertet werden.

2.2.1 IVU-Richtlinie

Das Ziel der IVU-Richtlinie, einen hohen Schutz für die Umwelt insgesamt zu erreichen sowie Belastungsverlagerungen zu vermeiden, soll durch ein integriertes Konzept aller am Genehmigungsverfahren beteiligter Behörden erreicht werden. Die Richtlinie regelt hierzu im wesentlichen Mindestanforderungen an Verfahren zur Genehmigung, Überwachung und wesentlichen Änderung von Industrieanlagen. Hiervon werden Anlagen zur Haltung oder Aufzucht von mehr als 40.000 Geflügel-, 2.000 Mastschweine- oder 750 Sauenplätze mit umfasst. Die Regelungen bringen Änderungen in den einzelnen Zulassungsverfahren der Mitgliedsstaaten mit sich. Ein wesentliches Element des übergreifenden Umweltschutzes ist die Forderung nach Anwendung der „Besten verfügbaren Techniken" (BVT). Die „Besten verfügbaren Techniken" sind nach Art. 2 Abs. 11 IVU-Richtlinie der „effiziente und fortschrittliche Entwicklungsstand der Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der spezielle Techniken als praktisch geeignet erscheinen lässt, grundsätzlich als Grundlage für die Emissionsgrenzwerte zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt allgemein zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zu vermindern". Die BVT unterscheiden sich von dem Begriff „Stand der Technik" in § 3 Abs. 6 S. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BimSchG). Der im BImSchG für die Anlagenzulassung verwendete Begriff ist enger, ökonomische Gesichtspunkte werden nicht erwähnt und kommen allenfalls durch das Kriterium der Verhältnismäßigkeit, wobei Kosten und Nutzen abgewogen werden, zum Tragen. Bei der Festlegung der BVT sind die in Anhang IV der IVU-Richtlinie aufgeführten Punkte zu berücksichtigen. Die Techniken müssen verfügbar sein, dies bedeutet, dass die betreffenden Techniken in dem einschlägigen Bereich vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus industriell durchführbar und deren Anwendung „unter wirtschaftlich vertretbaren Verhältnissen" möglich ist. Die Verfügbarkeit ist allgemein, nicht bezogen auf den Anlagenbetreiber zu ermitteln. Die wirtschaftlich vertretbaren Verhältnisse sind durch eine Kostenerwägung im Sinne einer abstrakt-generellen wirtschaftlichen Vertretbarkeit zu ermitteln, wobei Abweichungsmöglichkeiten durch Berufung auf Umstände des Einzelfalls möglich sind. Von der Europäischen Kommission wurde eine internationale Arbeitsgruppe zur Erstellung von Merkblättern (Reference Documents, BREF), für die der Richtlinie unterfallenden industriellen Anlagen, eingerichtet. In Deutschland sind die nationalen Abstimmungsgruppen der einzelnen Sektoren bei dem Umweltbundesamt angesiedelt, wo die Informationen gesammelt und in die internationale Arbeit eingebracht werden (GRIMM UND DÖHLER 2001). Die BREF

sind rechtlich unverbindlich. Ihnen wird jedoch eine weitreichende Bedeutung für die Fortschreibung der untergesetzlichen Regelwerke zum „Stand der Technik" zukommen.

2.2.2 UVP-Richtlinie

Die UVP-Richtlinie hat das Ziel den zuständigen Behörden relevante Informationen zur Verfügung zu stellen, damit diese in Kenntnis voraussichtlicher erheblicher Auswirkungen auf die Umwelt über die Zulässigkeit des Vorhabens entscheiden können. Die Auswirkungen bestimmter Projekte auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, einschließlich der Wechselwirkungen sollen hierbei ermittelt und bewertet werden. Die Ergebnisse der Umweltverträglichkeitsprüfung sind im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zu berücksichtigen. Nach Art. 1 Abs. 1 ist „Gegenstand dieser Richtlinie ... die Umweltverträglichkeitsprüfung bei öffentlichen und privaten Projekten, die möglicherweise erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben". Projekte werden in Art. 1 Abs. 2 der UVP-Richtlinie definiert als „die Errichtung von baulichen und sonstigen Anlagen" sowie „sonstige Eingriffe in Natur und Landschaft ...". Für die Nutztierhaltung differenziert die Richtlinie für die Frage, welche Vorhaben einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu unterziehen sind, wie folgt: Für die tierhaltenden Betriebe sind die Tierplatzzahlen für eine obligatorische Umweltverträglichkeitsprüfung heraufgesetzt worden. Bei Anlagen mit mehr als 85.000 Masthähnchen- oder Hühnchenplätzen, 60.000 Hennen-, 900 Sauen- oder mehr als 3.000 Mastschweineplätzen ist immer eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen (Art. 4 Abs. 2, Anhang I). Darüber hinaus ist bei „Anlagen zur Intensivtierhaltung (nicht durch Anhang I erfasste Projekte)" und die „intensive Fischzucht" im Rahmen einer Einzelfallprüfung zu ermitteln, ob eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist. Die Kriterien für die Einzelfallprüfung sind gesondert aufgelistet (Art. 4 Abs. 2 und 3, Anh. II Nr. 1e) und 1f), Anhang III). Hierzu gehören die Merkmale, der Standort und die potenzielle Auswirkungen des Projektes. Zu den Merkmalen zählen unter anderem die Größe des Projektes oder Aspekte der Kumulierung, das heißt das Zusammenwirken mit anderen Projekten. Bei dem Standort ist die ökologische Empfindlichkeit geographischer Räume, so beispielsweise von Gebieten von gemeinschaftlicher Bedeutung im Sinne des europäischen Netzes „Natura 2000" oder europäischen Vogelschutzgebieten, Wasserschutzgebieten oder Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte zu berücksichtigen (MARTIN 2000). Bei den Merkmalen der potenziellen Auswirkungen sind unter anderem Dauer, Häufigkeit, Schwere und der grenzüberschreitende Charakter zu beachten.

3 Auswirkungen der aktuellen Änderungen auf die landwirtschaftliche Nutztierhaltung

Nach dem Entwurf des Artikelgesetzes (Stand 18.10.2000) ergeben sich für die tierhaltenden Betriebe verschiedene Änderungen. Für den hiesigen Gesetzgeber ergeben sich durch die IVU-Richtlinie Herausforderungen in der Anlagenzulassung unter anderem in den Bereichen Verfahrenskonzentration. Die Richtlinie führt nicht zu einer grundlegenden Strukturänderungen des deutschen Anlagenzulassungsrechtes, bringt aber Korrekturen für die schwerpunktmäßig medial ausgerichteten Verfahren im Sinne einer vollständigen Koordinierung der Verfahren und der Genehmigungsauflagen mit sich. So erfasste das BImSchG als reines Luftreinhaltegesetz vorher nur den Schutz des Wasser und Bodens durch Schadstoffeinträge aus der Luft, durch die Erweiterung hin zu einer integrierten Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen schützt es nun auch vor direkten Immissionen in Luft, Boden und Wasser. Neu aufgenommen wurde daher, dass die Vorschriften des BImSchG nicht nur dann nicht gelten, soweit sich aus den wasserrechtlichen Vorschriften des Bundes oder der Länder zum Schutz der Gewässer etwas anderes ergibt, sondern auch dann nicht, wenn sich aus den Vorschriften des Düngemittel- oder Pflanzenschutzgesetzes etwas anderes ergibt. Hinzu kommt

kommt eine verstärkte Öffentlichkeitsbeteiligung und die Pflicht der zuständigen Behörden die Genehmigungsauflagen regelmäßig zu prüfen und ggf. auf den neusten Stand zu bringen. Bestehende Anlagen (Altanlagen) sind bis spätestens 30.10.2007 an die Bestimmungen der IVU-Richtlinie anzupassen. Für die tierhaltenden Betriebe sind insbesondere die Änderungen im Rahmen der Genehmigungsverfahren und die Änderungen bezüglich der Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung hervorzuheben. So sind die Tierplatzzahlen, bei deren Erreichen ein förmliches Genehmigungsverfahren nach dem BimSchG mit Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen ist, bis auf die Hinzunahme der Pelztiere, unverändert geblieben. Neu hinzugekommen ist ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren ohne Öffentlichkeitsbeteiligung nach dem BImSchG. Hierbei liegen die Tierplatzzahlen um 25 % unter denen für ein förmliches Genehmigungsverfahren. Wird bei einer Anlage, die nach den Tierplatzzahlen einem vereinfachten Verfahren unterliegt, im Rahmen der standortbezogenen Einzelfallprüfung die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung bejaht, so ist statt des vereinfachten ein förmliches Genehmigungsverfahren durchzuführen. Hierdurch wird sichergestellt, das für die unselbständige UVP-Prüfung ein Trägerverfahren zur Verfügung steht und eine Einbeziehung der Öffentlichkeit erfolgt.

Die zuständige Behörde muss zu Beginn eines Verfahrens über die Zulässigkeit des Vorhabens feststellen, ob eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist. Die Entscheidung, ob eine UVP durchgeführt wird oder nicht, ist der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, sie ist nicht selbständig anfechtbar. Zur Feststellung der UVP-Pflichtigkeit wurde in dem Artikelgesetz ein dreistufiges Verfahren aufgenommen.

Die Tierplatzzahlen für die obligatorische Umweltverträglichkeitsprüfung sind in dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung direkt umgesetzt, jedoch stärker differenziert worden. So ist bei einer Größenordnung ab 60.000 Hennen-, 85.000 Junghennen-, 85.000 Mastgeflügel-, 3.000 Mastschweine- und 900 Sauenplätzen immer eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

Bei Anlagen, die jetzt schon genehmigungsbedürftig nach dem BImSchG sind, aber unterhalb der Tierplatzzahlen für eine obligatorische UVP liegen (ab 20.000 Hennen-, 40.000 Junghennen-, 40.000 Mastgeflügel-, 20.000 Truthühner-, 2.000 Mastschweine-, 750 Sauen-, 6.000 Ferkel- und neu hinzugekommen 1.000 Pelztierplätze) ist eine *umfassende* Vorprüfung im Einzelfall zur Feststellung der UVP-Pflichtigkeit durchzuführen. Im Rahmen der vorläufigen Vorprüfung (sog. Screening) prüft die zuständige Behörde, ob das Vorhaben erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen haben kann. Wird dies bejaht, so ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Grundlagen der Prüfung sind dabei die allgemeinen Kriterien des Anhangs III der UVP-Richtlinie, die größtenteils unverändert in deutsches Recht (Anlage 2 des UVPG) übernommen werden. Prüfungskriterien sind die Merkmale des Vorhabens, der Standort und Merkmale möglicher Auswirkungen des Vorhabens. Hierbei sind unter anderem die Größe des Vorhabens, Umweltverschmutzung und Belästigung, Unfallrisiko, insbesondere mit Blick auf verwendete Stoffe und Technologien, die ökologische Empfindlichkeit des Gebietes sowie das Ausmaß der Auswirkungen zu berücksichtigen. Dies gilt sowohl für die Neuerrichtung, als auch für die Änderung oder Erweiterung von Anlagen. Bei der Änderung oder Erweiterung kann von einer Umweltverträglichkeitsprüfung im Einzelfall abgesehen werden.

Für die Anlagen, ab einer Größenordnung von 15.000 Hennen-, 30.000 Junghennen-, 30.000 Mastgeflügel-, 15.000 Truthühnern-, 1.500 Mastschweine-, 560 Sauen-, 4.500 Ferkel-, und 750 Pelztierplätzen wird ein einfaches Genehmigungsverfahren nach dem BimSchG eingeführt. Bei diesen Anlagen ist eine *standortbezogene* Einzelfallprüfung zur Feststellung der UVP-Pflichtigkeit durchzuführen. Ergibt die Prüfung, das eine UVP erforderlich ist, findet ein förmliches Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung statt. Im Rahmen der

standortbezogenen Vorprüfung werden nicht alle, sondern nur die Standortkriterien als Maßstab herangezogen. Hierbei ist die ökologische Empfindlichkeit eines möglicherweise beeinträchtigten Gebietes sowie die Kumulierung mit anderen Vorhaben in ihrem gemeinsamen Einwirkungsbereich zu beurteilen. Bei bestimmten Vorhaben, so unter anderem bei Anlagen, die einer Genehmigung nach dem BImSchG bedürfen, ist bei der Prüfung, ob sie alleine oder gemeinsam mit anderen, Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung oder ein europäisches Vogelschutzgebiet möglicherweise beeinträchtigen können, in Deutschland zusätzlich ein Umkreis von 300 m um die Schutzgebiete in die Prüfung einzubeziehen.

4 Zusammenfassung

Die Umsetzung der EG-Richtlinien zur Integrierten Verminderung und Vermeidung der Umweltverschmutzung und zur Umweltverträglichkeitsprüfung bei öffentlichen und privaten Projekten hätte schon 1999 erfolgen sollen. In Deutschland wird eine Vielzahl von Gesetzen angepasst, um den integrierten Ansatz der IVU-Richtlinie verstärkt zu berücksichtigen. Das grundsätzliche Modell der unterschiedlichen, auf die Umweltmedien Luft, Boden und Wasser bezogenen Fachgesetze wird zunächst beibehalten. Das Vorhaben eines medienübergreifenden Umweltgesetzbuches soll erst innerhalb der nächsten Jahre realisiert werden. Bei der Festlegung des einzuhaltenden technischen Standards im Rahmen der „Best verfügbaren Techniken" können jetzt auch wirtschaftliche Verhältnisse, im Sinne einer abstrakt-generellen wirtschaftlichen Vertretbarkeit, berücksichtigt werden. Besonderheiten der tierhaltenden Betriebe, beispielsweise Abhängigkeit von äußeren Faktoren, wie dem Wetter, oder auch Wechselwirkungen mit Tierschutzaspekten, können Berücksichtigung finden. Durch die Einführung eines vereinfachten Genehmigungsverfahrens nach dem BImSchG sind Verschärfungen im Zulassungsrecht aufgenommen worden. Der Kreis der Tierhaltungsanlagen, die potentiell einer UVP unterliegen, wird ausgeweitet. Tierhaltungsanlagen sind von den standortbezogenen Einzelfallprüfungen besonders betroffen. Entwicklungsfähige Betriebe sind in der Regel im Außenbereich angesiedelt und „mögliche Beeinträchtigungen" der besonders relevanten Schutzgebiete sind dadurch wahrscheinlicher, als an Standorten im Innenbereich. Auch muss die Kumulation mit anderen Vorhaben im Einwirkungsbereich berücksichtigt werden, dass heißt das zu mindestens mehrere Tierhaltungsanlagen hinsichtlich der Umweltauswirkungen gemeinsam zu betrachten sind. Dies betrifft insbesondere Regionen mit einer hohen Besatzdichte. Zudem ist im deutschen Recht zusätzlich eine Zone von 300 m um die Schutzgebiete (z. B. FFH-, Naturschutz- oder Wasserschutzgebiete) einzubeziehen. Das heißt, dass mit einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu rechnen ist, wenn die Anlage in einem Schutzgebiet, innerhalb oder in der Nähe eines Radius von 300 m um ein Schutzgebiet liegt. Insgesamt kann daher zukünftig davon ausgegangen werden, dass bei den Anlagen der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, die einer standortbezogenen Einzelfallprüfung unterliegen, in der Regel eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt wird.

5 Literatur

AGENDA 21: Konvention über die Biol. Vielfalt; Klimarahmenkonvention und Protokoll von Kyoto; intern. Abkommen zum Schutz von Nord- und Ostsee sowie der Intern. Nordseeschutz-Konferenz; „Strategie zur Integrierung der Belange der Umwelt und der nachhaltigen Entwicklung in die gemeinsame Agrarpolitik" des Agrarrates im Nov. 1999, Förderung umweltfreundl. landw. Praktiken (Agrarumwelt-Maßnahmen)

IVU-RICHTLINIE: Richtlinie 96/91/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, ABl. EG Nr. L 257, S. 26

UVP-RICHTLINIE: Richtlinie 97/11/EG des Rates zur Änderung der Richtlinie 85/337/EWG über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten, ABl. EG Nr. L 73, S. 5

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), Bundes-Immissionsschutzg. (Bim SchG), Wasserhaushaltsg. (WHG), Kreislaufwirtschafts- und Abfallg. (KrW-AbfG), Atomg. (AtG), Baugesetzbuch (BauGB), Bundesnaturschutzg. (BNatSchG), Verkehrsg., das Umweltinformationsg. (UIG), 1., 4., 9. und 17.VO zur Durchführung des BImSchG, atomrechtliche Verfahrens-O und Umweltinformationsgebühren-O

GRIMM, E. UND H. DÖHLER: Beste Verfügbare Techniken (BVT) der Intensivtierhaltung (Schweine und Geflügel). 5. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hohenheim, 6.-7. März 2001, S. 68-73

MARTIN, I.: Umweltverträglichkeitsprüfung und landwirtschaftliche Tierhaltung. Beilage I/2000. In: Agrarrecht (2000), H. 8

Current changes in German environmental law - Implementation of the IPPC and EIA-Directive

MARTIN, IRIS

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. (DLG), Eschborner Landstr. 122, 60489 Frankfurt/Main, Germany

The EC Directives on Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) and Environmental Impact Assessment (EIA) for public and private projects should have been transformed already during 1999. A large number of laws are being adapted in Germany to integrate IPPC fundamentals more strongly. Initially the basic structure of the various sectoral laws relating to the environmental media of atmosphere, soil and water will be retained. National legislation creating a new Environmental Code is to be implemented during the next few years. It is already possible to integrate economic conditions that are justifiable in line with abstract, general economic aspects when specifying the technical standards to be observed in the form of "Best Available Techniques". Special features of livestock farms, for instance dependence on external factors such as weather, or interaction with animal protection aspects, can be taken into account. The law governing licenses and permits has been intensified by introducing a simplified approval issuing procedure in accordance with the Federal Immission Control Act. The group of livestock production facilities potentially subject to an Environmental Impact Assessment has been expanded. Livestock production facilities are particularly affected by the individual site-related inspections. Facilities capable of development are generally located in peripheral areas and so "possible impairments" of the particularly relevant conservation areas are thus more probable than in central locations. In addition the combined effect with other projects in the affected area must be taken into account. This means that a number of livestock production facilities have to be considered jointly as regards environmental impacts. This particularly affects regions with a high livestock density. Furthermore, under German law a 300 m wide zone has to be included additionally around the (e.g. nature or water) conservation areas. An Environmental Impact Assessment is therefore to be expected if the facility is located within a conservation area, or inside or close to a 300 m radius round a conservation area. Altogether, therefore, it can be assumed in future that an Environmental Impact Assessment will be carried out for livestock production facilities subject to individual site-related inspection.

Beste Verfügbare Techniken (BVT) der Intensivtierhaltung (Schweine und Geflügel)

GRIMM, EWALD UND HELMUT DÖHLER

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt

1 Anforderungen der IVU-Richtlinie

Die Richtlinie 96/91/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) vom 24. September 1996 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 sicher zu stellen. Betroffen sind nach Anhang 1 der Richtlinie u.a. alle Anlagen zur Intensivhaltung von Schweinen und Geflügel, die nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftig sind (u.a. Tierhaltungsanlagen mit mehr als 2000 Mastschweineplätzen, 750 Plätzen für Sauen oder 40000 Plätzen für Geflügel). Wesentliche Anforderungen der Richtlinie, wie beispielsweise die Beteiligung der Öffentlichkeit im Genehmigungsverfahren, die Genehmigungsbedürftigkeit von Anlagenänderungen oder der medienübergreifende Prüfungsansatz, sind im deutschen Immissionsschutzrecht bereits verankert.

Neue Anforderungen ergeben sich vor allem hinsichtlich des Standes der Technik in der Tierhaltung. Vorsorge gegen Umweltverschmutzung muss zukünftig durch den Einsatz der besten verfügbaren Techniken (BVT) getroffen werden, die medienübergreifend ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt sicherstellen und Grundlage jeder Genehmigung sein sollen (Artikel 3 der Richtlinie).

Der Begriff der BVT ist in Artikel 2 (11) definiert. Danach sind „*beste*" Techniken solche Techniken, die am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind. Für Tierhaltungsanlagen heißt das, dass bei der Beurteilung von Haltungsverfahren und Techniken neben den Emissionen in die Luft (Geruchsstoffe, Ammoniak, Methan, Lachgas, Staub und Lärm), auch die Emissionen in Wasser und Boden, der effiziente Einsatz von Energie und Rohstoffen (Futtermittel, Wasser) sowie Art und Menge der Abfälle entscheidende Kriterien sind. Darüber hinaus ergeben sich wesentliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen aus tierschutz- und tierseuchenrechtlichen Bestimmungen.

Darüber hinaus umfasst der Begriff „*Techniken*" neben der angewandten Technologie insbesondere auch die Art und Weise, wie eine Tierhaltungsanlage geplant, gebaut, gewartet und betrieben wird (Stichwort „gute fachliche Praxis").

Der Begriff „*verfügbar*" setzt im jeweiligen Sektor eine wirtschaftliche Anwendung unter technisch vertretbaren Verhältnissen voraus (MARTIN 2001). Dem sind insbesondere in der Landwirtschaft enge Grenzen gesetzt. Zur Beurteilung der „Verfügbarkeit" sind ökonomische Daten sowohl für einzelnen Verfahren und Techniken als auch für die wirtschaftliche Situation der jeweiligen Produktionsrichtung erforderlich.

Auf der Basis der BVT sollen Emissionsgrenzwerte abgeleitet werden, die als Auflage in Genehmigungsbescheiden aufzunehmen und nachher zu überwachen sind (Artikel 9 der Richtlinie). Als Schadstoffe, die in diesem Zusammenhang für die Tierhaltung relevant sind, nennt

die Richtlinie im Anhang III insbesondere sonstige Stickstoffverbindungen, d.h. Ammoniak und Staub. Bei Tierhaltungsanlagen steht die Forderung nach Grenzwerten und deren Überwachung jedoch unter dem Vorbehalt der praktischen Umsetzbarkeit bzw. einer Kosten-Nutzen-Analyse.

Bei der Auswahl eines BVT-Verfahrens zur Anwendung im Einzelfall sind nach Artikel 9 (4) IVU-Richtlinie die technische Beschaffenheit einer Anlage, der geographische Standort und die jeweiligen örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen. Das heißt, dass je nach Standort und Umweltbedingungen der Einsatz unterschiedlicher Verfahren abgewogen werden muss. Beispielsweise an Standorten mit Wohnnutzungen im Einwirkungsbereich wären geruchsarme BVT-Verfahren und an Standorten mit empfindlicher Vegetation ammoniakarme Verfahren zu bevorzugen. In jedem Fall sollen jedoch weiträumige und grenzüberschreitende Umweltverschmutzungen vermieden und ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt sichergestellt werden. Daher werden die Ammoniakemissionen bei Tierhaltungsanlagen als eine Art Leitkomponente bei der Festlegung der BVT behandelt. Zu deren Minderung müssen Tierhaltungsanlagen zukünftig unabhängig vom Standort einen Mindestbeitrag leisten. Damit werden durch anlagenspezifische Regelungen die Ziele des *„Protokolls zur Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon"* im Rahmen des Genfer Luftreinhalteabkommens der UNECE und der *„EU-Richtlinie für nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe"* (sog. NEC-Richtlinie) unterstützt, die u.a. die Minderung der Ammoniakemissionen auf nationaler Basis zum Ziel haben (GRIMM UND DÖHLER 2000). Aber auch die anderen Ziele der IVU-Richtlinie, wie z.B. Energieeffizienz, ressourcenschonender Einsatz von Rohstoffen und Tiergerechtheit, dürfen nicht aus den Augen verloren werden.

Nach Artikel 2 (3) der IVU-Richtlinie geht 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 Tierhaltung beziehen, d.h. auf die Haltung (Aufstallung, Entmistung, Lüftung), Fütterung (Futterlagerung, -aufbereitung, -zuteilung), Mistlagerung und -behandlung, Abluftreinigung einschließlich der Ausbringung der Wirtschaftsdünger.

2 Organisation der BVT-Arbeiten

Im Rahmen der IVU-Richtlinie sollen die BVT europaweit einheitlich definiert und alle drei Jahre fortgeschrieben werden, um neue technische Entwicklungen berücksichtigen zu können. Zukünftig sollen Genehmigungen nur noch auf der Grundlage der BVT erteilt werden.

Entsprechend Artikel 16 der IVU-Richtlinie hat die Europäische Kommission „einen Informationsaustausch zwischen den Mitgliedsstaaten und der betroffenen Industrie über die besten verfügbaren Techniken, die damit verbundenen Überwachungsmaßnahmen und die Entwicklungen auf diesem Gebiet" durchzuführen und die Ergebnisse des Informationsaustausches zu veröffentlichen. Die Ergebnisse werden als sogenannte BVT-Merkblätter (englisch BREF, „Best Available Techniques Reference Document") veröffentlicht, die auf europäischer Ebene, z.B. über das Internet, von jeder Genehmigungsbehörde abgerufen werden können. Deren Zweck ist es u.a., den technologischen Standard innerhalb der EU zu vereinheitlichen und dessen Verbreitung weltweit zu fördern.

Dazu hat die Europäische Kommission ein Informationsaustauschforum (IEF) geschaffen und mehrere technische Arbeitsgruppen eingesetzt. In beiden Gremien sind sowohl die Mitgliedsstaaten (Politik, Wissenschaft und Nichtregierungsorganisationen) als auch Industrie vertreten.

Mit der Koordination und Betreuung der Arbeiten ist das „European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau“ (IPPC) beauftragt, das an einem Forschungsinstitut in Sevilla/Spanien angesiedelt ist (IPPC 2000). Koordinationsstelle der deutschen Aktivitäten ist das Umweltbundesamt.

Eine internationale Arbeitsgruppe („Technical Working Group (TWG) - Intensive Livestock Farming“), die einen Vorschlag für die BVT in der Tierhaltung erarbeiten soll, hat sich im Mai 1999 in Sevilla konstituiert. Aufgabe der Arbeitsgruppe ist es, alle für die Festlegung der BVT relevanten Informationen aus den einzelnen Staaten zu sammeln und aufzubereiten sowie einen Vorschlag für das BVT-Merkblatt (BREF) zu erarbeiten.

Begleitend gibt es in Deutschland eine nationale Abstimmungsgruppe beim Umweltbundesamt, die alle deutschen Informationen zu den BVT sammeln soll, um sie in die internationalen Arbeiten einzubringen. Die nationale Arbeitsgruppe wird von einer KTBL-Arbeitsgruppe fachlich unterstützt. Inhaltlich wird der Entwurf von einer interdisziplinären Projektgruppe in der Geschäftsstelle des KTBL vorbereitet (KTBL 2001).

Im weiteren Verlauf prüft das IEF den BREF-Vorschlag, der mit der Verabschiedung durch die Kommission Gültigkeit erlangt.

3 Beschreibung der BVT

3.1 Wesentliche Inhalte der BREF

In den BREFs müssen die Techniken und Verfahren so beschrieben werden, dass die Beschreibung den Anforderungen der IVU-Richtlinie genügt und eine Auswahl für die BVT möglich ist. Dazu werden eingangs allgemeine Informationen, z.B. zur Struktur der Tierhaltung, der wirtschaftlichen Situation, den Umweltwirkungen und den rechtlichen Bestimmungen in den Staaten gegeben.

Der aktuelle technische Standard der Tierhaltung soll ebenfalls dokumentiert werden. Zu diesem Zweck wurde eigens eine bundesweite Erhebung bei Genehmigungsbehörden durchgeführt (KTBL 2001).

Den Kern der BREF bildet die Beschreibung der Verfahren einschließlich der Verfahrensparameter, Verbrauchs- und Emissionsdaten, Leistungen und Kosten sowie medienübergreifenden Aspekten. Eine generelle Beschreibung der „guten fachlichen Praxis“, die beim Betrieb im Rahmen der BVT zu beachten sind, ergänzt die Darstellung der Verfahren.

Neue Verfahren, die sich noch in der Entwicklung oder Erprobung befinden und für die noch keine ausreichenden praktischen Erfahrungen vorliegen, werden gesondert beschrieben.

3.2 Verfahrensbeschreibung in Datenblättern aus deutscher Sicht

Die Verfahren für die Stallhaltung von Schweinen und Geflügel sowie von Nebeneinrichtungen zur Lagerung und Behandlung von Wirtschaftsdüngern und deren Ausbringung sollen entsprechend den Anforderungen der IVU-Richtlinie umfassend und systematisch dokumentiert werden. Dazu wurden spezielle BVT-Datenblätter mit einem festen Datenraster entworfen. In diesen Datenblättern werden die Verfahren ausgehend von der Produktionsrichtung und der Art der Aufstallung bzw. des Lagerungs-, Behandlungs- und Ausbringeverfahrens mit den wesentlichen verfahrensspezifischen Merkmalen qualitativ und quantitativ beschrieben und

bewertet. Die Beschreibung umfasst alle üblichen Praxisverfahren, beispielsweise in der Geflügelhaltung:

- Legehennen-/Junghennenhaltung: Boden- und Volierenhaltung mit Entmistung Kotgrube, Kotband und belüftetes Kotband und Käfighaltung (konventionell und ausgestaltet) mit Entmistung Kotgraben, Kotband und belüftetes Kotband,
- Masthähnchen, Puten und Enten: Bodenhaltung mit Zwangs- oder freier Lüftung.

Es wird jeweils eine nährstoffangepasste Fütterung vorausgesetzt.

Hinsichtlich der Haltungsverfahren ergeben sich in der Praxis eine Vielzahl möglicher Verfahrenskombinationen. Es können in der Regel unterschiedliche Gebäudetypen, Aufstallungs-, Entmistungs-, Lüftungs- und Fütterungsverfahren kombiniert werden. Die grundlegenden Verfahrensweisen in diesen Bereichen werden deshalb in einem allgemeinen Teil beschrieben, um die gesamte Spanne der verfahrenstechnischen Möglichkeiten zu dokumentieren. In den Datenblättern wird auf diese Beschreibung Bezug genommen ohne sie im Detail zu wiederholen. Dies gilt auch für Nebeneinrichtungen z.B. zur Lagerung von Wirtschaftsdüngern. Nachgeschaltete Verfahren, z.B. zur Abluftreinigung oder zur Behandlung von Wirtschaftsdüngern, werden ebenfalls separat beschrieben.

Da die Auswahl einer Verfahrensweise Einfluss auf verschiedene Leistungsparameter hat, beispielsweise auf die Emissionen und die Ökonomie, wird auf der Grundlage der o.g. Erhebung bzw. von Praxiserfahrungen ein Standardverfahren definiert. Verbrauchswerte, Umweltwirkungen und ökonomischen Daten sowie die Bewertung des Verfahrens beziehen sich dann vor allem auf dieses Standardverfahren. Die Spannweite der einzelnen Parameter wird - soweit möglich - zusätzlich angegeben. Viele der Parameter, die für die Referenzdokumente im Rahmen der TWG in Sevilla als wichtig erachtet wurden, sind nicht verfügbar. Hier bleibt es bei einer qualitativen Einschätzung und Bewertung durch Experten.

Wesentliche Anforderungen an Tierhaltungsverfahren ergeben sich außer aus den umweltrechtlichen Bestimmungen vor allem aus tierschutzrechtlichen und tierseuchenrechtlichen Bestimmungen (z.B. Schweinehaltungshygiene -Verordnung), bautechnischen Anforderungen (z.B. nach DIN 18910), arbeitswirtschaftlichen Aspekten (z.B. Art der Aufstallung und Entmistung), betriebswirtschaftlichen Aspekten (z.B. Kosten des Lüftungsverfahrens) und Anforderungen des Arbeitsschutzes. Auch die Bewertung eines Verfahrens hinsichtlich der Anforderungen aus Sicht des Tieres (Tiergerechtheit) gewinnt in der gesellschaftlichen Diskussion an Bedeutung. Diese Anforderungen werden bei der Beschreibung der BVT in den Datenblättern berücksichtigt ebenso wie die Tierleistungen und Kosten.

4 Bewertung der Verfahren hinsichtlich der BVT

Wenn die Sammlung und Beschreibung der vorhandenen Verfahren und Techniken, die als beste verfügbare Techniken infrage kommen, abgeschlossen ist, müssen diese hinsichtlich der Kriterien der IVU-Richtlinie beurteilt werden.

Die Aufgabe, die verfügbaren Techniken und die gute fachliche Praxis in der Tierhaltung unter den medienübergreifenden Aspekten der IVU-Richtlinie zu bewerten, wirft erhebliche methodische Probleme auf. Es reicht nicht, die Verfahren hinsichtlich eines Kriteriums alleine zu beurteilen, z.B. der Ammoniakemissionen. Art und Ausmaß anderer Emissionen sowie Wechselwirkungen mit anderen Faktoren müssen ebenso berücksichtigt werden wie Aspekte der artgerechten Haltung, der Tierleistungen und der Kosten.

Um für den Einzelfall und standortbezogen die optimalen Verfahren auswählen zu können, müssen die Verfahren anhand der wesentlichen Kriterien der IVU-Richtlinie gegenübergestellt und bewertet werden. Dazu wurde von einer Unterarbeitsgruppe der TWG vorgeschlagen, als Leitkriterium die Minderungsleistung für Ammoniakemissionen heranzuziehen. Diese Emissionsminderung kann aufgrund des vergleichsweise guten Datenbestandes weitgehend in absoluten Werten ausgedrückt werden. Zusätzlich sind aber die anderen Bewertungskriterien wie die Emissionen von Geruchsstoffen, klimawirksamen Gasen und Stäuben, die Verbräuche insbesondere von Energie und Rohstoffen (Wasser) sowie die Tiergerechtheit, die Anwendbarkeit, die Funktionssicherheit, vorliegende Praxiserfahrungen sowie Leistungen und Kosten zu berücksichtigen. Für viele dieser Parameter, die für die Referenzdokumente im Rahmen der TWG in Sevilla als wichtig erachtet wurden, sind keine abgesicherten Daten verfügbar. Sie sollen deshalb mit einem qualitativen Bewertungsansatz beschrieben werden. Damit wird trotz der unsicheren Datenlage der medienübergreifende Ansatz der IVU-Richtlinie berücksichtigt.

Die Bewertung erfolgt immer im Vergleich zu einem sog. Referenzverfahren, das vorher definiert wurde. Bei den Referenzverfahren handelt es sich um die am meist verbreiteten Verfahren mit den niedrigsten Umweltleistungen (z.B. Mastschweinehaltung in wärmegedämmten Ställen mit Zwangslüftung auf Vollspaltenboden in Kleingruppen und herkömmlicher Fütterung).

Den Kern der nationalen Vorschläge für die BVT bildet eine Bewertungsmatrix. Darin werden die miteinander vergleichbaren Verfahren hinsichtlich der integrativen Anforderungen der IVU-Richtlinie in der Gesamtschau gegenüber dem Referenzverfahren bewertet.

5 Fazit

Die Anforderungen der IVU-Richtlinie an das Genehmigungsverfahren (Öffentlichkeitsbeteiligung, Behördenbeteiligung etc.) sind im deutschen Recht bereits Standard. Änderungen im deutschen Immissionsschutzrecht ergeben sich insbesondere in folgenden Bereichen:

- Die Grundpflichten, die der Betreiber einer genehmigungsbedürftigen Anlage zu beachten hat, werden auf den effizienten Einsatz von Energie ausgeweitet.
- Im Gegensatz zum „alten" Stand der Technik umfassen die BVT nicht nur die Technologie sondern auch das Management einer Anlage, d.h. die Art und Weise der Planung, des Baus und des Betriebs.
- Darüber hinaus müssen die BVT-Verfahren verfügbar, d.h. wirtschaftlich in einem Sektor anwendbar sein. Beim „alten" Begriff des Standes der Technik werden ökonomische Gesichtspunkte nicht erwähnt.
- Die TA Luft muss novelliert und den Anforderungen der IVU-Richtlinie angepasst werden. Dabei müssen die BVT-Merkblätter berücksichtigt werden.

Sicherlich werden die BVT in Zukunft auch Einfluss auf den Stand der Technik bei nicht genehmigungsbedürftigen Tierhaltungsanlagen haben.

Alle Aktivitäten der EU und der UNECE auf dem Gebiet der Luftreinhaltung (NEC-Richtlinie, Genfer Luftreinhalteabkommen) werden im Laufe der Zeit den Umweltschutzstandard in der Tierproduktion anheben und die Umwelt entlasten. Dies gilt erst recht im Zusammenspiel mit anderen EU-Bestimmungen wie der Nitrat-Richtlinie oder der UVP-Änderungsrichtline. Dabei ist vorteilhaft, dass die Standards international harmonisiert werden. So werden Wettbewerbsverzerrungen durch unterschiedlich hohe Auflagen an Bedeutung verlieren.

6 Literatur

GRIMM, E. UND H. DÖHLER (2000): Minderung von Umweltbelastungen der Tierproduktion - was beschert uns Brüssel? Landtechnik (2000), H. 2, S. 137

IPPC (2000): http://eippcb.jrc.es

KTBL (2001): Beschreibung der Besten Verfügbaren Techniken (BVT) in der Intensivtierhaltung. Abschlussbericht zum Vorhaben „Erstellung eines Gutachtens für einen deutschen Beitrag zur Vollzugsvorbereitung zur Umsetzung der IVU-Richtlinie für den Bereich Intensivtierhaltung" (Förderkennzeichen 360 08 001 Umweltbundesamt), in Vorbereitung

MARTIN, I. (2001): Aktuelle Änderungen im deutschen Umweltrecht - Umsetzung der IVU- und der UVP-Richtlinie. 5. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung", Hohenheim, 6./7. März 2001, S. 62-67

Die Ausarbeitung des deutschen Vorschlags zu den BVT wird vom UBA unterstützt.

Best Available Technics (BAT) in intensive livestock production (pigs and poultry)

GRIMM, EWALD AND HELMUT DÖHLER

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

The directive concerning integrated pollution prevention and control (IPPC Directive) presents new requirements above all with respect to the state-of-the-art standard in livestock management. This technology standard will be replaced in the future by that of Best Available Techniques (BAT), the purpose of which is to assure compliance with the transmedial goals of the IPPC Directive. In determining BAT, decisive criteria include - in addition to achievable emission limit values for odour, ammonia and air-borne dust - emissions to water and soil, the prudent management of energy and natural resources and the types and quantities of wastes generated. The concept of *'techniques'* includes, in addition to the technology used, notably also the way in which a livestock management installation is maintained and operated (its 'management'). The term *'available'* presupposes an economically viable application in the sector concerned. The techniques used in the housing of pigs and poultry, including ancillary facilities and landspreading, are to be documented comprehensively and systematically. For this, special BAT datasheets have been drawn up. These describe and evaluate in qualitative and quantitative terms the different techniques. In addition techniques need to be assessed in terms of their suitability as pollution prevention and control techniques. This task presents considerable methodological problems. For this purpose, an assessment procedure needs to be developed. The determination of BAT additionally to other international regulations risens the level of environmental protection in agricultural production. It is essential for harmonizing the competitive situation in Europe.

Wege zur Ermittlung von Spurengas-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft

DÖHLER, HELMUT[1], ANGELA BERGSCHMIDT[2], WERNER BERG[3], RAINER BRUNSCH[3], ULRICH DÄMMGEN[4], BRIGITTE EURICH-MENDEN[1], MANFRED LÜTTICH[4] UND BERNHARD OSTERBURG[2]

[1] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstr. 49, D-64289 Darmstadt
[2] Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig
[3] Institut für Agrartechnik Bornim, D-14469 Potsdam-Bornim
[4] Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

1 Einleitung

Internationale Protokolle zur Luftreinhaltung und die aus der nationalen Gesetzgebung resultierenden Auflagen betreffen im Gegensatz zu früheren Regelungen auch die Landwirtschaft. Im Vordergrund steht dabei die Notwendigkeit, die Emission reaktiver Stickstoff-Spezies im Hinblick auf die Versauerung und Eutrophierung natürlicher oder naturnaher Ökosysteme zu verringern (DÄMMGEN ET AL. 2001). Ammoniak und seine Folgeprodukte tragen zur Hälfte zu diesen Einträgen bei. Die Ammoniak-Emissionen entstammen im wesentlichen der Tierproduktion. Innerhalb der internationalen Vereinbarungen ist Deutschland auf der einen Seite verpflichtet, seine Emissionen alljährlich und, sofern möglich, räumlich aufgelöst zu berichten; auf der anderen Seite ist Deutschland Verpflichtungen eingegangen, die Emissionen im Laufe des nächsten Jahrzehnts auf ein bestimmtes Maß zu senken. Emissionen dieser Art können nur geschätzt bzw. berechnet werden. Die europäischen und die weltweiten Verträge innerhalb des Genfer Luftreinhalteabkommens, zu nationalen Emissionsobergrenzen in Europa oder zum Klimaschutz schreiben einheitliche bzw. standardisierte Emissionsschätzungen vor (IPCC 1996; EMEP/CORINAIR 2000). Dabei wird insbesondere bei EMEP/CORINAIR (2000) zwischen einfacheren und detaillierten Methoden unterschieden. Die in Deutschland offiziell verfügbare Datenbasis ist bereits zur Berechnung der Emissionen nach den einfacheren Verfahren nicht hinreichend (DÄMMGEN UND GRÜNHAGE 2001).

Im Hinblick auf die gemeinsame Verantwortung für das Zustandekommen einer nationalen Datenbasis förderten das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und das Umweltbundesamt gemeinsam ein Forschungsvorhaben, dessen Ziel die Erarbeitung einer tragfähigen Datenbasis und die Entwicklung geeigneter Rechenverfahren zur Quantifizierung von Emissionen und zum Erkennen und Bewerten technisch und wirtschaftlich möglicher Maßnahmen zur Minderung dieser Emissionen unter Zugrundelegung möglichst der detaillierten Methoden von EMEP/CORINAIR (2000) sein sollte. Die im Projekt beschrittenen Wege zur Schaffung eines umfassenden Datensatzes, die Rechenverfahren und die Ergebnisse sollen vorgestellt werden. Im Vordergrund stehen dabei die Verfahren zur Ermittlung von Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung.

2 Die Abbildung der Stickstoff-Dynamik in der Tierproduktion im Hinblick auf die Berechnung von Emissionen

Die Emissionen Stickstoff-haltiger Spezies sind *ein* Teil des landwirtschaftlichen Gesamt-Stickstoff-Haushalts. Die Verringerung der Emissionen wird als ein Schritt bei der Optimierung der Stickstoff-Flüsse in Tierhaltungssystem angesehen. Abbildung 1 gibt ein Flussschema wieder, das N-Flüsse in allen Bereichen der Tierhaltung prinzipiell zu beschreiben gestattet.

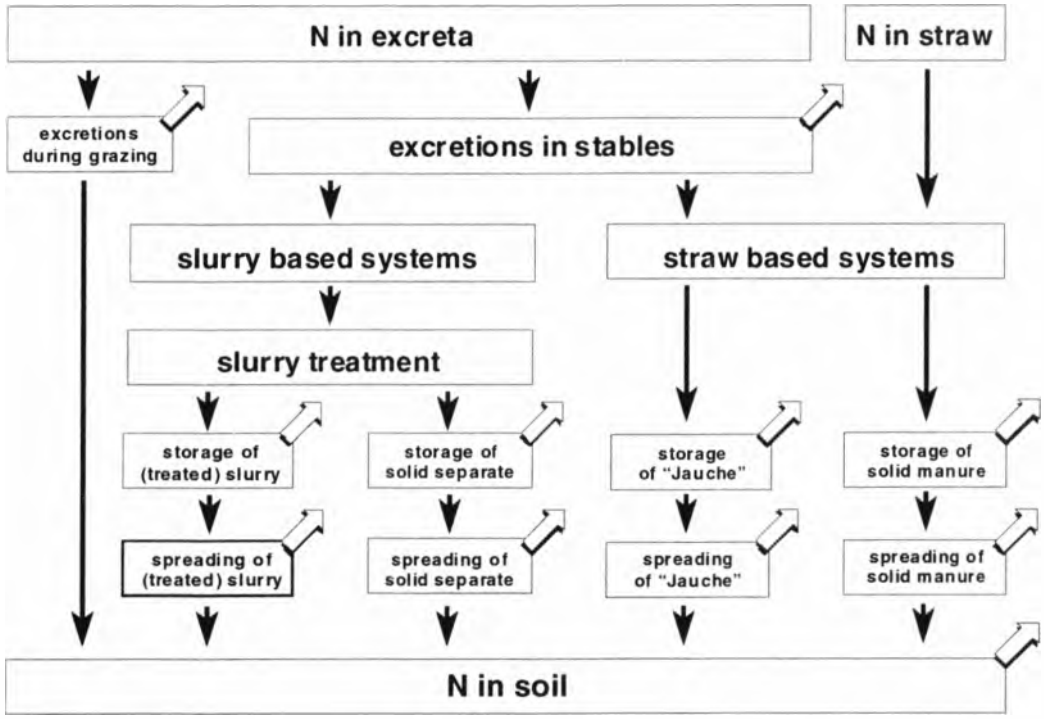


Abb. 1: Modell zur Berechnung der Stickstoffdynamik der Ausscheidungen in der Tierhaltung. Schwarze Pfeile geben die N-Flüsse wieder; Rechtecke veranschaulichen Vorräte; schräg nach oben gerichtete Pfeile bezeichnen Emissionsorte.
Model for the calculation of of nitrogen flows with excreta. Black arrows symbolize N fluxes, rectangles denote pools, slanting arrows indicate where emissions occur.

Ein solches Schema ist dann zur Berechnung von Emissionen und zur Abschätzung von technischen Emissionsminderungspotentialen geeignet, wenn man für jede relevante Tierkategorie die Menge der Ausscheidungen und die Häufigkeitsverteilung der Haltungsformen sowie der Lagerungs- und Ausbringungsmethoden für die anfallenden Dünger kennt. Für jedes einzelne Haltungsverfahren sowie für die einzelnen Varianten der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern muss der typische Emissionsfaktor bekannt sein. Technische Möglichkeiten zur Gülleaufbereitung sollen eingeschlossen sein. Die Abschätzung der Minderungskosten setzt voraus, dass die Kosten der für den Wechsel von einem Verfahren zum anderen benötigten Investitionen und die Unterschiede der Betriebskosten bekannt sind.

Für Deutschland waren alle diese Angaben bisher nicht, nicht konsistent bzw. widerspruchsfrei oder nicht in hinreichender Qualität vorhanden.

3 Die Schaffung einer verläßlichen Datenbasis zur Abbildung der Stickstoff-Dynamik in der Tierproduktion

3.1 Das Rechenverfahren

Das detaillierte Verfahren zur Berechnung von Emissionen erfordert die Definition von Tierkategorien, die in sich so homogen sind, dass die Anwendung von festen Emissionsfaktoren gerechtfertigt ist. Wegen der signifikanten regionalen Unterschiede bei der Leistung, der Haltung, der Lagerung und der Ausbringung haben in Deutschland nur räumlich differenzierende Emissionsberechnungen Aussicht darauf, hinreichend genau zu sein.

Bei den Rindern wird zwischen Milchkühen, Jungvieh, weiblichen und männlichen Rinder zum Schlachten und Mutterkühen unterschieden. Für jede Region und jede Kategorie werden die typischen Anteile von Stall- und Weidehaltung, bei der Stallhaltung die unterschiedlichen Formen der Haltung in Gülle- oder Festmistsystemen betrachtet. Die Milchleistung wird ebenso berücksichtigt wie die Art und Menge der Grund- und Leistungsfuttermittel. Alle bisher bekannten Formen der Lagerung und der Ausbringung von flüssigen und festen Wirtschaftsdüngern werden berücksichtigt.

Entsprechend wird bei den anderen Tierarten unterschieden zwischen Mastschweinen, Sauen, weiblichen Schafen und Schafen insgesamt, Pferden, Legehennen, Masthähnchen, Gänsen, Enten und Puten.

3.2 Emissionsfaktoren

Die jeweils angesetzten partiellen Emissionsfaktoren beziehen sich auf den jeweils vorhandenen ammonifizierbaren Stickstoff (total ammonical nitrogen TAN); die Umwandlung von organisch gebundenem zu ammonifizierbaren Stickstoff wird berücksichtigt. Die Emissionsfaktoren wurden aus den vorhandenen Literaturdaten abgeleitet und von einer Expertenkommission begutachtet. Sie repräsentieren den Stand des gegenwärtigen Wissens.

3.3 Tierzahlen, räumliche Verteilung der Haltungsformen für einzelne Tierkategorien, räumliche Verteilung von Lagerungs- und Ausbringungsformen für Wirtschaftsdünger

Während für die Tierbestände die Ergebnisse der amtlichen Tierzählung herangezogen werden können, sind weitere benötigte Daten zu Tierhaltungsverfahren und zum Wirtschaftsdüngermanagement nicht durch die Agrarstatistik erfasst. Diese Daten mussten in einer eigens durchgeführten Erhebung in den Regionen ermittelt werden. Hierzu wurden mit Hilfe einer Clusteranalyse (unter Berücksichtigung von Strukturdaten zur Rinder- und Schweinehaltung, des Grünlandanteils an der LF, der Bodenklimazahl und der Höhenlage) Modellregionen mit ähnlicher Tierhaltungsstruktur ermittelt, in denen jeweils ein oder zwei repräsentative Landkreise zur Feststellung von Häufigkeitsverteilungen der jeweiligen Tierernährung, Weidedauer, Haltungsformen usw. herangezogen wurden. Die Modellregionen und die ausgewählten Kreise gehen aus Tabelle 1 hervor.

In diesen Modellregionen wurden Experten der lokalen Landwirtschaft (Ämter für Landwirtschaft, Landwirtschaftskammern, freie Berater) nach Details der gängigen Produktionsverfahren und zukünftig zu erwartenden Entwicklungen befragt. Insbesondere wurden die oben genannten Kenngrößen für Haltung, Lagerung und Ausbringung für die einzelnen wichtigen Tierkategorien aufgeschlüsselt nach Tierbestandsgrößenklassen erhoben. Darüber hinaus wurde die Lagerkapazität, die Lagerart der Wirtschaftsdünger und deren Ausbringung ermittelt. Mit Hilfe des Agrarsektormodells RAUMIS (WEINGARTEN 1995) wurden hieraus und aus den vorhandenen Daten zur Verteilung der Betriebsgrößen in allen Kreisen Deutschlands für jede Kategorie der Rinder, Schweine und Hühner kreisspezifische Emissionsfaktoren für jedes der betrachteten Jahre (insbesondere für das „Basisjahr" 1990 und für 1996) abgeleitet.

Tab. 1: Durch vergleichbare Agrarstruktur gekennzeichnete Modellregionen und die für sie repräsentativen Landkreise
Model regions with similar agricultural structures and the districts (Landkreise) representing them

	Modellregion		Landkreise
1	Weser-Ems	Westdeutsche Veredelungs-region	Vechta
2	Marsch/Geest zwischen Weser und Elbe	Futterbaugebiete Nordwestdeutschlands	Rotenburg
3	Nordbrandenburg und Mecklenburg-Vorpommern	Neue Länder Nord	Prignitz, Ostprigniz-Ruppin
4	Magdeburger Börde (Halle/Leipzig)	Neue Länder Mitte	Leipziger Land
5	Ostdeutsche Mittelgebirge/ westliches Erzgebirge	Neue Länder Süd	Westlicher Erzgebirgskreis
6	Muschelkalk-Keuper-Jura-Hügelland	Mittel- und Nordbayern	Coburg
7	Südostbayerisches Voralpengebiet	Voralpen, Bayerischer Wald	Rosenheim, Traunstein
8	Baden-Württembergisches Allgäu	Futterbaugebiete Südwestdeutschlands	Ravensburg
9	Vogelsberg/Rhön	Mittelgebirge Hessens	Vogelsbergkreis
10	Sauerland	Mittelgebirge Nordrhein-Westfalens	Oberbergischer Kreis
11	Eifel	Mittelgebirge in Rheinland-Pfalz und Saarland	Bitburg-Prüm

Ausgehend von diesen Angaben wurde eine Einschätzung der Tendenzen bei Tierhaltungsverfahren im Jahre 2010 ermittelt. Auf Grundlage einer *ex-post*-Analyse des Wandels der Bestandesgrößenstrukturen wurde eine Trendschätzung für Milchvieh und Mastschweine erstellt und mit Experten diskutiert. Die Fortschreibung der Trendwerte erlaubt eine Schätzung der als Folge eines Bestandsgrößenwechsels zu erwartenden Veränderung der Tierhaltungssysteme. Für Szenarien für 2010 wurden auch die Entwicklungen der Tierzahlen

analysiert und im Expertengespräch die künftige Entwicklung projiziert. Die Abschätzung möglicher Minderungen durch technische Innovationen und politische Maßnahmen bedient sich spezieller Minderungsszenarien.

3.4 Minderungsszenarien: Potentiale, Kosten und politische Instrumente

Zur Abschätzung der Möglichkeiten zur Minderung von NH_3-Emissionen werden im wesentlichen Maßnahmen betrachtet, die bereits jetzt praktisch eingesetzt werden und für die eine befriedigende Datenbasis (z.B. Emissionsfaktoren, Betriebskosten, Arbeitsansprüche) vorliegt. Maßnahmen, die sich noch im Versuchsstadium oder in der Entwicklung befinden, werden in Szenarien ebenfalls einbezogen. Technische und sozioökonomische Restriktionen werden beachtet. Insbesondere wird davon ausgegangen, dass Innovationen im Haltungsbereich im Laufe von Stallneubauten verwirklicht werden und dass vor allem größere Betriebe neue Verfahren der Fütterung und des Wirtschaftdüngermanagements übernehmen.

Bei der Wahl der politischen Maßnahmen werden neben obligatorischen und allgemein verbindlichen Vorgaben zur Anwendung von Technologien insbesondere regionale Lösungsansätze unter Berücksichtigung regionaler Belastungsgrenzen diskutiert.

4 Literatur

DÄMMGEN, U.; H. DÖHLER UND C. BERNS (2001): Internationale Regelungen zur Minderungen der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen. 5. Intern. Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hohenheim, 6.-7. März 2001, S. 56-61

DÄMMGEN, U. UND L. GRÜNHAGE (2001): Trace gas emissions from German agriculture as obtained from the application of simple or default methodologies. Environ. Pollut., im Druck

EMEP/CORINAIR (2000): Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook. 2. Aufl., EEA, Kopenhagen

EU (Europäische Gemeinschaft) (2000): Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. Official Journal of the European Commmunities 2000/C 56 E/10 vom 29.2.2000, Entwurf der Endfassung vom 27.6.2000

IPCC (International Panel on Climate Change) (1996). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 3. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell

UN/ECE (United Nations Economic Commision for Europe) (2000): Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. UN/ECE/EB.AIR/1999/1 vom 15.10. 1999 (http://www.unece.org/env/lrtap/protocol/99multi.htm)

WEINGARTEN, P. (1995): Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). Ber. Landwirtschaft 73, 272-302

Methods to assess trace gas emissions from German agriculture

DÖHLER, HELMUT[1], ANGELA BERGSCHMIDT[2], WERNER BERG[3], RAINER BRUNSCH[3], ULRICH DÄMMGEN[4], BRIGITTE EURICH-MENDEN[1], MANFRED LÜTTICH[4] AND BERNHARD OSTERBURG[2]

[1] Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), 64289 Darmstadt
[2] Institute of Farm Economics and Rural Studies, Federal Agricultural Research Centre, 38116 Braunschweig, Germany
[3] Institute of Agricultural Engineering Bornim, 14469 Potsdam-Bornim, Germany
[4] Institute of Agroecology, Federal Agricultural Research Centre, 38116 Braunschweig, Germany

International protocols to reduce air pollution try to limit adverse effects such as acidification and eutrophication of natural and near-natural ecosystems. They include ammonia as a major source of acidification and eutrophication. As almost all ammonia emissions are stemming from agriculture, sources in arable and animal agriculture have to be considered in great detail. The obligations to be fulfilled by the partners of those conventions include the reporting of emissions using reporting formats agreed upon. However, the data basis available does not meet the requirements to describe emissions from German agriculture adequately. In particular, gridded emission data cannot be provided; reduction potentials cannot be identified and quantified; scenarios other than reduction of activities cannot be examined. Therefore, a project was financed jointly by the German Ministry of Nutrition, Agriculture and Forestry and the German Environmental Protection Agency to create a reliable and comprehensive data base and the respective calculation procedures and models.

Calculation procedures strictly follow the instructions given by EMEP/CORINAIR (2000). Wherever necessary and possible, detailed methodologies were applied or developed using the general approach illustrated in Fig. 1. Thus, with regard to cattle, dairy cows, young cattle, female and male beef cattle and suckling cows were distinguished. Fattening pigs, sows, sheep and ewes, horses, laying hens, broilers, geese, ducks and turkeys were dealt with separately.

Regional emission factors were determined for all cattle and pig categories using regional data about animal nutrition, performance and housing, as well as manure storage and spreading systems. Data not provided by official statistics had to be obtained from enquiries performed in 11 German districts representative of the typical agricultural regions in Germany. The agronomic sector model RAUMIS was used to extrapolate district data to regional scales. It also allowed to estimate future conditions for animal production.

Emission reduction potentials were identified and valued according to their technical feasibility, applicability, costs and socio-economic margins.

Anforderungen und Vorgehensweise zur Bestimmung von Emissionsraten aus Ställen als Grundlage für die verfahrenstechnische Bewertung

GRONAUER, ANDREAS[1]; BARBARA RATHMER[1], HANS SCHÖN[1]; EBERHARD HARTUNG[2], GREGOR BROSE[2], EVA GALLMANN[2] UND THOMAS JUNGBLUTH[2]

[1] Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Am Staudengarten 3, 85354 Freising
[2] Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart

1 Einleitung

Entwicklungen im Bereich der Legislative nehmen zunehmend Einfluss auf die landwirtschaftliche Nutztierhaltung. Auf europäischer Ebene werden Beurteilungen einzelner Verfahren bzw. Verfahrensketten hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit (insbesondere Ammoniakausstoß) vorgenommen (EU-IVU-Richtlinie, UN-ECE-Protokoll). Auf nationaler Ebene werden ebenfalls Berechnungen vorgenommen und auf regionale Flächen bezogen, um die durch die Tierhaltung in Deutschland verursachte Emissionen flächendeckend ermitteln zu können (KTBL-UBA-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren und Emissionsminderungsmaßnahmen"). Auf Basis dieser Bestandsaufnahme werden zukünftige Maßnahmen zur Emissionsminderung bewertet werden.

Um Verfahren der Tierhaltung hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit umfassend bewerten zu können, darf sich die Betrachtung nicht nur auf Ammoniakemissionen konzentrieren, sondern müssen auch die Emissionen von N_2O, CH_4, CO_2 und Gerüchen einbezogen werden. Darüber hinaus dürfen die Aspekte der Tiergerechtheit, der Produktqualität und Ökonomie nicht außer acht gelassen werden.

2 Ausgangslage und Anforderungsprofil

Untersuchungen zu Emissionen der letzten 15 Jahre zeigen, dass für die Bewertung der Haltungsverfahren wenig belastbare und teilweise widersprüchliche Daten zur Verfügung stehen. Die hohe Streuung der in der Literatur dokumentierten Daten belegt dies (JUNGBLUTH ET AL. 1999; BROSE 2000; HARTUNG UND MONTENY 2000; STEGBAUER ET AL. 1999); so reichen z.B. für NH_3 bei Mastschweinen in Teilspaltenbodenställen die Emissionsraten von 0,1-7,1 g/(h*500 kg LM), für Milchvieh in Boxenlaufställen reichen die Emissionen für CH_4 von 8,3-16,3 g/(h*500 kg LM).

Die Ursachen hierfür liegen einerseits an unterschiedlichen Randparametern während der durchgeführten Versuche (z.B. Art des Haltungssystems, Fütterung, Witterung, etc.), andererseits an unterschiedlich langen Untersuchungszeiträumen, welche die tages- und jahreszeitliche Dynamik des Emissionsgeschehens nicht erfassen, und letztendlich an unterschiedlichen Methoden der Versuchsanstellung, der verwendeten Messtechnik und Maßnahmen zur Sicherung der Datenqualität. Abbildung 1a und 1b zeigen beispielhaft die Dynamik des Emissionsgeschehens von zwei Mastschweine- und einem Milchviehstall. Um qualitativ hochwertiges

Datenmaterial zu erhalten, sind verschiedene allgemeine Anforderungen an die Analyse von Emissionsraten aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung zu stellen (Tab).

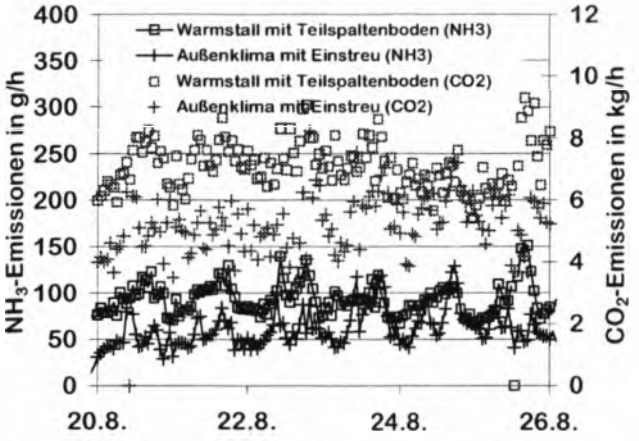


Abb. 1a: Dynamik des Emissionsgeschehens aus zwei Mastschweinehaltungssystemen
Variation of the emission rate of 2 different systems for fattening pigs

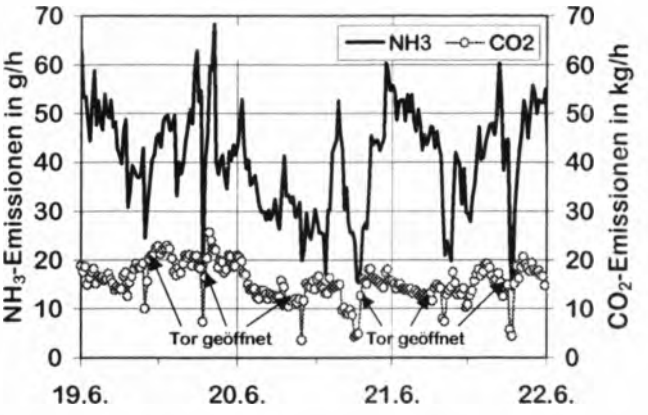


Abb. 1b: Dynamik des Emissionsgeschehens am Beispiel Milchviehhaltung
Variation of the emission rates of dairy cows

Tab. 1: Anforderungen an Messmethoden und -geräte für die Quantifizierung gasförmiger Emissionen aus der Landwirtschaft (AMON ET AL. 1998).
Demands on measuring methods and devices to quantify gaseous emissions from animal husbandry (AMON ET AL. 1998)

Anforderungen	Begründung
▪ Gleichzeitige Erfassung von NH_3, CH_4, N_2O und CO_2 und der gesamten Verfahrenskette	▪ Verbesserung der Gesamtumweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Verfahren
▪ Emissionsmessungen in der Praxis	▪ Realitätsnah ermittelte Emissionsraten
▪ Beprobung möglichst großer Flächen	▪ Emittierende Substrate sind inhomogen
▪ Kontinuierliche und hochexakte Erfassung der Emission von NH_3, CH_4, N_2O und CO_2	▪ Tages- und jahreszeitliche Schwankungen der Emissionsrate
▪ Gleichzeitige Erfassung von Gaskonzentration und Luftrate	▪ Ermittlung der Emissionsrate (Menge an emittierten Gasen pro Zeit)
▪ Erfassung emissionsbeeinflussender Randparameter	▪ Quantifizierung der Einflussparameter als Grundlage zur Modellierung

Diese Anforderungen sind im Wesentlichen zu unterteilen in die Bereiche: Gasanalyse, Volumenstromerfassung und Einflussparameter.

2.1 Anforderungen an die Analyse von Gaskonzentrationen

Für die Bestimmung von Gaskonzentrationen müssen die Anforderungen an das Messverfahren auf die Messaufgabe abgestimmt sein. Wenn für verfahrenstechnische Bewertungen absolute Emissionsraten bzw. tier- oder verfahrensspezifische Emissionsfaktoren ermittelt werden sollen, müssen sehr hohe Anforderungen an die Datenqualität gestellt werden. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, da diese Daten in Genehmigungsverfahren mit weitreichenden

Konsequenzen verwendet werden, oder in Verordnungen oder Gesetze einfließen (IVU-Richtlinie, TA-Luft). Die Messdaten müssen auf einer standardisierten Basis (Methoden) ermittelt werden, als Bezugsgröße für die Emissionsrate soll die Lebendmasse (LM) der Tiere herangezogen werden (g/s und 500 kg LM).

In Tabelle 2 sind die spezifischen Anforderungen an die Analyse von Gaskonzentrationen für die Bestimmung von Emissionsraten aus landwirtschaftlichen Quellen zusammengefasst.

Tab. 2: Anforderungen an die Messtechnik zur Analyse von Gaskonzentrationen
Demands on measurement techniques for gas concentration analysis

Gase/Messbereiche	NH_3: 0,1 - 100 ppm; N_2O: 0,3 - 10 ppm; CH_4: 2 - 200 ppm; CO_2: 300 - 5.000 ppm
Nachweisgrenze	≤ atmosphärische Hintergrundkonzentration
Selektivität ("Querempfindlichkeit")	Kompensation bekannter Querempfindlichkeiten
Umgebungsanforderungen	Stallklimaresistent, freibewitterbar
Integrationszeit/Zeitauflösung	abhängig von der Messaufgabe; Abstimmung der Messaufgabe auf gerätespezifische Anstiegs- und Abklingzeiten

Bei der Gaskonzentrationsmessung ist vor allem die Anpassung der Integrationszeit und Zeitauflösung an die jeweilige Messaufgabe und gerätespezifische Parameter von Bedeutung, ebenso die Vermeidung von Querempfindlichkeiten beim Messgerät und ein an die Messaufgabe angepasster Messbereich.

2.2 Emissionsratenbestimmung

Die Emissionsrate einer landwirtschaftlichen Quelle ergibt sich im Falle von Punktquellen als Produkt aus dem Konzentrationsunterschied zwischen Zu- und Abluft der Quelle und dem Volumenstrom, direkt im Abluftkamin mit Messventilatoren gemessen. Im Falle diffuser Quellen werden die Luftmassenströme, bei Einsatz von Kammertechniken analog zu den Punktquellen (dynamische Kammer) ermittelt oder der Massenstrom wird direkt aus dem Anstieg der Konzentration über die Zeit berechnet (statische Kammer). Werden invertierte Dispersionsmodelle oder mikrometeorologische Methoden eingesetzt, muss der Luftmassestrom anhand von meteorologischen Daten und Modellrechnungen ermittelt werden. Beim Anwendung von Tracergas- oder Bilanzierungsmethoden werden die Luftmasseströme anhand gemessener Verdünnungen in der Abluftfahne entweder bei bekannter Gasfreisetzung an definierten Quellen (z.B. SF_6), oder anhand berechneter Gasfreisetzungsraten (z.B. CO_2) der Tiere ermittelt. Im Rahmen dieses Beitrags werden neben der CO_2-Bilanzierung nur sogenannte direkte Methoden, die eine kontinuierliche Messung der Emissionsraten über längere Zeiträume ermöglichen, behandelt. Bei zwangsbelüfteten Punktquellen sind dies Messventilatoren. Bei den direkten Methoden zur kontinuierlichen Bestimmung des Volumenstrom bei freier Lüftung finden sich derzeit zwei methodische Ansätze in der Literatur: die direkte Kapselung der Emissionsquelle nach dem Prinzip der „großen dynamischen Kammer" und die indirekte Kapselung der Emissionsquelle nach dem „Flaschenhalsprinzip".

2.2.1 Messventilatoren

Zur Messung der Abluftvolumenströme aus geführten Quellen werden standardmäßig im Abluftkamin eingebaute Messventilatoren eingesetzt. Die Messventilatoren fungieren als den

gesamten Strömungsquerschnitt abdeckende Anemometer, deren Drehfrequenz mit Induktivgebern gemessen wird und über Kalibration mit geeigneten Geräten (Ventilatorenprüfstand, Laser-Doppler-Anemometrie, etc.) ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit und somit den Volumenstrom ist. Unter Stallbedingungen wird für diese Methode eine Genauigkeit von ≤ 5 % vom Messwert angegeben (FIEDLER 1992).

2.2.2 Dynamische Kammer

Bei dem ersten methodischen Ansatz zur kontinuierlichen Bestimmung des Volumenstroms bei freier Lüftung, der direkten Kapselung der Emissionsquelle nach dem Prinzip der „großen dynamischen Kammer" werden zwei identische nebeneinanderliegende Versuchsabteile benutzt, bei denen das erste Abteil (nicht gekapseltes Referenzabteil) über eine freie Lüftung verfügt und die beiden danebenliegenden Abteile nachträglich bautechnisch vollständig gekapselt werden. D.h. auf der einen Stallseite der beiden Versuchsabteile wurden Abluft- und Messventilatoren in einem trichterförmigen Anbau an die vorherrschende Querlüftung der Außenklimaställen angepasst eingebaut, so dass sie die beiden Versuchsabteile getrennt voneinander zwangsentlüften. Die Anbauten dienen dazu, dass durch den Einbau der Abluftventilatoren keine Strahllüftung entsteht. Die Abluftventilatoren werden nach der Temperatur im nicht gekapselten übrigen Außenklimastall (*Solltemperatur*) geregelt und mit der Temperatur in den gekapselten Versuchsabteilen (*Isttemperatur*) verglichen, da die Temperatur bei sonst gleichen äußeren (Klima) und inneren (gleiche Tierzahlen, Tiergewichte, Fütterung, etc.) Bedingungen ein Maß für den Volumenstrom durch den Stall ist. Den Abluftventilatoren nachgeschaltet sind Messventilatoren, die nach der oben beschriebenen Methode die Abluftvolumenströme genau messen.

Der Vergleich der Soll- und Isttemperaturen zeigt, dass diese Temperaturen gut übereinstimmen. Der Korrelationskoeffizient $r=0,98$ ist signifikant ($p=0,01$). Die durchschnittliche Abweichung der Soll- und Isttemperaturen beträgt 0,4 K (RATHMER ET AL. 2000).

Der Vergleich der in den beiden Außenklima-Versuchsabteilen gemessenen Abluftvolumenströme im Winter (bei geschlossenen Seitenrollos) von 54 m³/h und Tier mit den Volumenströmen je Tier im Winter bei HÖRNIG ET AL. (1993) zeigt, dass die dort gemessenen 35,7 - 52,7 m³/h und Tier ungefähr im gleichen Bereich liegen. Die dort gemessenen 141,6 m³/h und Tier im Winter bei geöffneten Toren entsprechen als Sommerluftraten ungefähr den im Sommer gemessenen Luftraten von 106-135 m³/h und Tier in den Außenklima-Versuchsabteilen.

2.2.3 Flaschenhalsprinzip mit Leckluftbestimmung

Der zweite methodischen Ansatz zur kontinuierlichen Bestimmung des Volumenstroms bei freien Lüftungssystemen mit Hilfe einer indirekten Kapselung der Emissionsquelle nach dem „Flaschenhalsprinzip", soll seine Anwendung insbesondere auf durch die Temperaturdifferenz induzierte freie Lüftungssysteme finden bei denen die gesamte Abluft über Firstöffnungen entweichen soll. Die zu untersuchenden Ställe bzw. Stallabteile werden bei dieser Methode zunächst durch evtl. nachträgliche bautechnische Maßnahmen zu einer Art von Schacht- bzw. Kaminlüftung modifiziert (BROSE 2000). Anschließend werden in alle vorhandenen Abluftschächte Messventilatoren zur Bestimmung des Gesamtabluftvolumenstroms eingebaut. Durch die Methode der indirekten Kapselung wird zwar der grundsätzliche Charakter und die Wirkungsweise einer freien Lüftung bewahrt, aber es kann insbesondere durch die Zuluftöffnungen in den Seiten- oder Giebelwänden zu Leckluftströmen kommen.

BROSE (2000) konnte zeigen, dass man durch eine kontinuierliche Messung und vergleichende Auswertung der CO_2-Konzentration an allen Zu- und Abluftstellen eines Stallsystems, eine

Anforderungen und Vorgehensweise zur Bestimmung von Emissionsraten aus Ställen als Grundlage für die verfahrenstechnische Bewertung

GRONAUER, ANDREAS[1]; BARBARA RATHMER[1], HANS SCHÖN[1]; EBERHARD HARTUNG[2], GREGOR BROSE[2], EVA GALLMANN[2] UND THOMAS JUNGBLUTH[2]

[1] Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Am Staudengarten 3, 85354 Freising
[2] Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart

1 Einleitung

Entwicklungen im Bereich der Legislative nehmen zunehmend Einfluss auf die landwirtschaftliche Nutztierhaltung. Auf europäischer Ebene werden Beurteilungen einzelner Verfahren bzw. Verfahrensketten hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit (insbesondere Ammoniakausstoß) vorgenommen (EU-IVU-Richtlinie, UN-ECE-Protokoll). Auf nationaler Ebene werden ebenfalls Berechnungen vorgenommen und auf regionale Flächen bezogen, um die durch die Tierhaltung in Deutschland verursachte Emissionen flächendeckend ermitteln zu können (KTBL-UBA-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren und Emissionsminderungsmaßnahmen"). Auf Basis dieser Bestandsaufnahme werden zukünftige Maßnahmen zur Emissionsminderung bewertet werden.

Um Verfahren der Tierhaltung hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit umfassend bewerten zu können, darf sich die Betrachtung nicht nur auf Ammoniakemissionen konzentrieren, sondern müssen auch die Emissionen von N_2O, CH_4, CO_2 und Gerüchen einbezogen werden. Darüber hinaus dürfen die Aspekte der Tiergerechtheit, der Produktqualität und Ökonomie nicht außer acht gelassen werden.

2 Ausgangslage und Anforderungsprofil

Untersuchungen zu Emissionen der letzten 15 Jahre zeigen, dass für die Bewertung der Haltungsverfahren wenig belastbare und teilweise widersprüchliche Daten zur Verfügung stehen. Die hohe Streuung der in der Literatur dokumentierten Daten belegt dies (JUNGBLUTH ET AL. 1999; BROSE 2000; HARTUNG UND MONTENY 2000; STEGBAUER ET AL. 1999); so reichen z.B. für NH_3 bei Mastschweinen in Teilspaltenbodenställen die Emissionsraten von 0,1-7,1 g/(h*500 kg LM), für Milchvieh in Boxenlaufställen reichen die Emissionen für CH_4 von 8,3-16,3 g/(h*500 kg LM).

Die Ursachen hierfür liegen einerseits an unterschiedlichen Randparametern während der durchgeführten Versuche (z.B. Art des Haltungssystems, Fütterung, Witterung, etc.), andererseits an unterschiedlich langen Untersuchungszeiträumen, welche die tages- und jahreszeitliche Dynamik des Emissionsgeschehens nicht erfassen, und letztendlich an unterschiedlichen Methoden der Versuchsanstellung, der verwendeten Messtechnik und Maßnahmen zur Sicherung der Datenqualität. Abbildung 1a und 1b zeigen beispielhaft die Dynamik des Emissionsgeschehens von zwei Mastschweine- und einem Milchviehstall. Um qualitativ hochwertiges

Datenmaterial zu erhalten, sind verschiedene allgemeine Anforderungen an die Analyse von Emissionsraten aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung zu stellen (Tab).

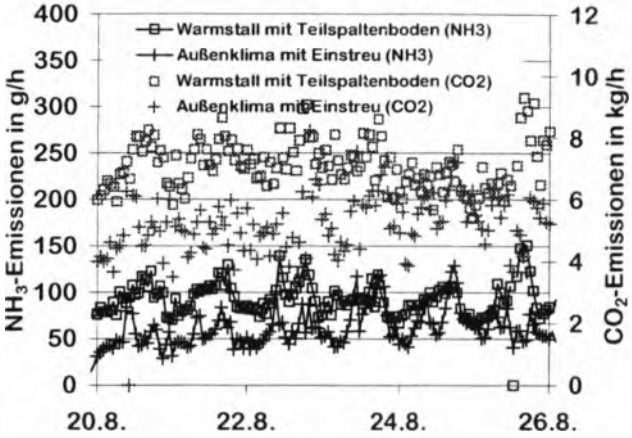


Abb. 1a: Dynamik des Emissionsgeschehens aus zwei Mastschweinehaltungssystemen
Variation of the emission rate of 2 different systems for fattening pigs

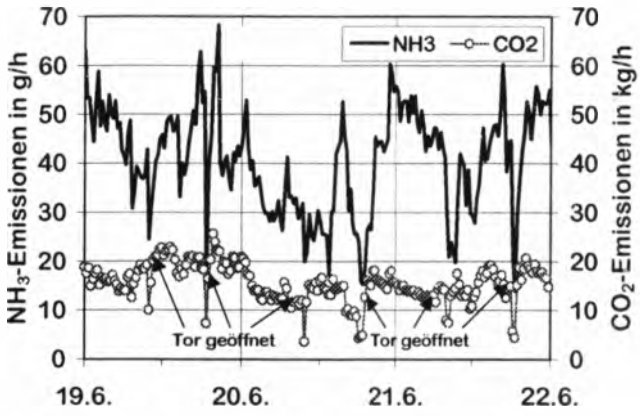


Abb. 1b: Dynamik des Emissionsgeschehens am Beispiel Milchviehhaltung
Variation of the emission rates of dairy cows

Tab. 1: Anforderungen an Messmethoden und -geräte für die Quantifizierung gasförmiger Emissionen aus der Landwirtschaft (AMON ET AL. 1998).
Demands on measuring methods and devices to quantify gaseous emissions from animal husbandry (AMON ET AL. 1998)

Anforderungen	Begründung
▪ Gleichzeitige Erfassung von NH_3, CH_4, N_2O und CO_2 und der gesamten Verfahrenskette	▪ Verbesserung der Gesamtumweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Verfahren
▪ Emissionsmessungen in der Praxis	▪ Realitätsnah ermittelte Emissionsraten
▪ Beprobung möglichst großer Flächen	▪ Emittierende Substrate sind inhomogen
▪ Kontinuierliche und hochexakte Erfassung der Emission von NH_3, CH_4, N_2O und CO_2	▪ Tages- und jahreszeitliche Schwankungen der Emissionsrate
▪ Gleichzeitige Erfassung von Gaskonzentration und Luftrate	▪ Ermittlung der Emissionsrate (Menge an emittierten Gasen pro Zeit)
▪ Erfassung emissionsbeeinflussender Randparameter	▪ Quantifizierung der Einflussparameter als Grundlage zur Modellierung

Diese Anforderungen sind im Wesentlichen zu unterteilen in die Bereiche: Gasanalyse, Volumenstromerfassung und Einflussparameter.

2.1 Anforderungen an die Analyse von Gaskonzentrationen

Für die Bestimmung von Gaskonzentrationen müssen die Anforderungen an das Messverfahren auf die Messaufgabe abgestimmt sein. Wenn für verfahrenstechnische Bewertungen absolute Emissionsraten bzw. tier- oder verfahrensspezifische Emissionsfaktoren ermittelt werden sollen, müssen sehr hohe Anforderungen an die Datenqualität gestellt werden. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, da diese Daten in Genehmigungsverfahren mit weitreichenden

Konsequenzen verwendet werden, oder in Verordnungen oder Gesetze einfließen (IVU-Richtlinie, TA-Luft). Die Messdaten müssen auf einer standardisierten Basis (Methoden) ermittelt werden, als Bezugsgröße für die Emissionsrate soll die Lebendmasse (LM) der Tiere herangezogen werden (g/s und 500 kg LM).

In Tabelle 2 sind die spezifischen Anforderungen an die Analyse von Gaskonzentrationen für die Bestimmung von Emissionsraten aus landwirtschaftlichen Quellen zusammengefasst.

Tab. 2: Anforderungen an die Messtechnik zur Analyse von Gaskonzentrationen
Demands on measurement techniques for gas concentration analysis

Gase/Messbereiche	NH_3: 0,1 - 100 ppm; N_2O: 0,3 - 10 ppm; CH_4: 2 - 200 ppm; CO_2: 300 - 5.000 ppm
Nachweisgrenze	≤ atmosphärische Hintergrundkonzentration
Selektivität ("Querempfindlichkeit")	Kompensation bekannter Querempfindlichkeiten
Umgebungsanforderungen	Stallklimaresistent, freibewitterbar
Integrationszeit/Zeitauflösung	abhängig von der Messaufgabe; Abstimmung der Messaufgabe auf gerätespezifische Anstiegs- und Abklingzeiten

Bei der Gaskonzentrationsmessung ist vor allem die Anpassung der Integrationszeit und Zeitauflösung an die jeweilige Messaufgabe und gerätespezifische Parameter von Bedeutung, ebenso die Vermeidung von Querempfindlichkeiten beim Messgerät und ein an die Messaufgabe angepasster Messbereich.

2.2 Emissionsratenbestimmung

Die Emissionsrate einer landwirtschaftlichen Quelle ergibt sich im Falle von Punktquellen als Produkt aus dem Konzentrationsunterschied zwischen Zu- und Abluft der Quelle und dem Volumenstrom, direkt im Abluftkamin mit Messventilatoren gemessen. Im Falle diffuser Quellen werden die Luftmassenströme, bei Einsatz von Kammertechniken analog zu den Punktquellen (dynamische Kammer) ermittelt oder der Massenstrom wird direkt aus dem Anstieg der Konzentration über die Zeit berechnet (statische Kammer). Werden invertierte Dispersionsmodelle oder mikrometeorologische Methoden eingesetzt, muss der Luftmassestrom anhand von meteorologischen Daten und Modellrechnungen ermittelt werden. Beim Anwendung von Tracergas- oder Bilanzierungsmethoden werden die Luftmasseströme anhand gemessener Verdünnungen in der Abluftfahne entweder bei bekannter Gasfreisetzung an definierten Quellen (z.B. SF_6), oder anhand berechneter Gasfreisetzungsraten (z.B. CO_2) der Tiere ermittelt. Im Rahmen dieses Beitrags werden neben der CO_2-Bilanzierung nur sogenannte direkte Methoden, die eine kontinuierliche Messung der Emissionsraten über längere Zeiträume ermöglichen, behandelt. Bei zwangsbelüfteten Punktquellen sind dies Messventilatoren. Bei den direkten Methoden zur kontinuierlichen Bestimmung des Volumenstrom bei freier Lüftung finden sich derzeit zwei methodische Ansätze in der Literatur: die direkte Kapselung der Emissionsquelle nach dem Prinzip der „großen dynamischen Kammer" und die indirekte Kapselung der Emissionsquelle nach dem „Flaschenhalsprinzip".

2.2.1 Messventilatoren

Zur Messung der Abluftvolumenströme aus geführten Quellen werden standardmäßig im Abluftkamin eingebaute Messventilatoren eingesetzt. Die Messventilatoren fungieren als den

gesamten Strömungsquerschnitt abdeckende Anemometer, deren Drehfrequenz mit Induktivgebern gemessen wird und über Kalibration mit geeigneten Geräten (Ventilatorenprüfstand, Laser-Doppler-Anemometrie, etc.) ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit und somit den Volumenstrom ist. Unter Stallbedingungen wird für diese Methode eine Genauigkeit von ≤ 5 % vom Messwert angegeben (FIEDLER 1992).

2.2.2 Dynamische Kammer

Bei dem ersten methodischen Ansatz zur kontinuierlichen Bestimmung des Volumenstroms bei freier Lüftung, der direkten Kapselung der Emissionsquelle nach dem Prinzip der „großen dynamischen Kammer" werden zwei identische nebeneinanderliegende Versuchsabteile benutzt, bei denen das erste Abteil (nicht gekapseltes Referenzabteil) über eine freie Lüftung verfügt und die beiden danebenliegenden Abteile nachträglich bautechnisch vollständig gekapselt werden. D.h. auf der einen Stallseite der beiden Versuchsabteile wurden Abluft- und Messventilatoren in einem trichterförmigen Anbau an die vorherrschende Querlüftung der Außenklimaställen angepasst eingebaut, so dass sie die beiden Versuchsabteile getrennt voneinander zwangsentlüften. Die Anbauten dienen dazu, dass durch den Einbau der Abluftventilatoren keine Strahllüftung entsteht. Die Abluftventilatoren werden nach der Temperatur im nicht gekapselten übrigen Außenklimastall (*Solltemperatur*) geregelt und mit der Temperatur in den gekapselten Versuchsabteilen (*Isttemperatur*) verglichen, da die Temperatur bei sonst gleichen äußeren (Klima) und inneren (gleiche Tierzahlen, Tiergewichte, Fütterung, etc.) Bedingungen ein Maß für den Volumenstrom durch den Stall ist. Den Abluftventilatoren nachgeschaltet sind Messventilatoren, die nach der oben beschriebenen Methode die Abluftvolumenströme genau messen.

Der Vergleich der Soll- und Isttemperaturen zeigt, dass diese Temperaturen gut übereinstimmen. Der Korrelationskoeffizient $r=0,98$ ist signifikant ($p=0,01$). Die durchschnittliche Abweichung der Soll- und Isttemperaturen beträgt 0,4 K (RATHMER ET AL. 2000).

Der Vergleich der in den beiden Außenklima-Versuchsabteilen gemessenen Abluftvolumenströme im Winter (bei geschlossenen Seitenrollos) von 54 m³/h und Tier mit den Volumenströmen je Tier im Winter bei HÖRNIG ET AL. (1993) zeigt, dass die dort gemessenen 35,7 - 52,7 m³/h und Tier ungefähr im gleichen Bereich liegen. Die dort gemessenen 141,6 m³/h und Tier im Winter bei geöffneten Toren entsprechen als Sommerluftraten ungefähr den im Sommer gemessenen Luftraten von 106-135 m³/h und Tier in den Außenklima-Versuchsabteilen.

2.2.3 Flaschenhalsprinzip mit Leckluftbestimmung

Der zweite methodischen Ansatz zur kontinuierlichen Bestimmung des Volumenstroms bei freien Lüftungssystemen mit Hilfe einer indirekten Kapselung der Emissionsquelle nach dem „Flaschenhalsprinzip", soll seine Anwendung insbesondere auf durch die Temperaturdifferenz induzierte freie Lüftungssysteme finden bei denen die gesamte Abluft über Firstöffnungen entweichen soll. Die zu untersuchenden Ställe bzw. Stallabteile werden bei dieser Methode zunächst durch evtl. nachträgliche bautechnische Maßnahmen zu einer Art von Schacht- bzw. Kaminlüftung modifiziert (BROSE 2000). Anschließend werden in alle vorhandenen Abluftschächte Messventilatoren zur Bestimmung des Gesamtabluftvolumenstroms eingebaut. Durch die Methode der indirekten Kapselung wird zwar der grundsätzliche Charakter und die Wirkungsweise einer freien Lüftung bewahrt, aber es kann insbesondere durch die Zuluftöffnungen in den Seiten- oder Giebelwänden zu Leckluftströmen kommen.

BROSE (2000) konnte zeigen, dass man durch eine kontinuierliche Messung und vergleichende Auswertung der CO_2-Konzentration an allen Zu- und Abluftstellen eines Stallsystems, eine

Bestimmung des zeitlichen Anteils von Leckluftströmen vornehmen und somit bei der nachfolgenden Emissionsratenbestimmung berücksichtigen kann. Ideal wäre allerdings eine Methode, mit der nicht nur der zeitliche Anteil sondern auch die Menge an Leckluft quantifiziert werden könnte. Leckluftströme werden erkannt, wenn Konzentrationen von > 3 ppm CH_4 und > 380 ppm CO_2 in der Zuluft festgestellt wurden (Abb. 2). Zu allen übrigen Zeiten, bei denen keine Erhöhung der CH_4 und CO_2-Konzentrationen in der Zuluft aufgetreten ist, kann davon ausgegangen werden, dass die gesamte Abluft den Stall durch die Abluftschächte verlassen hat und somit mit den Messventilatoren erfasst wurde.

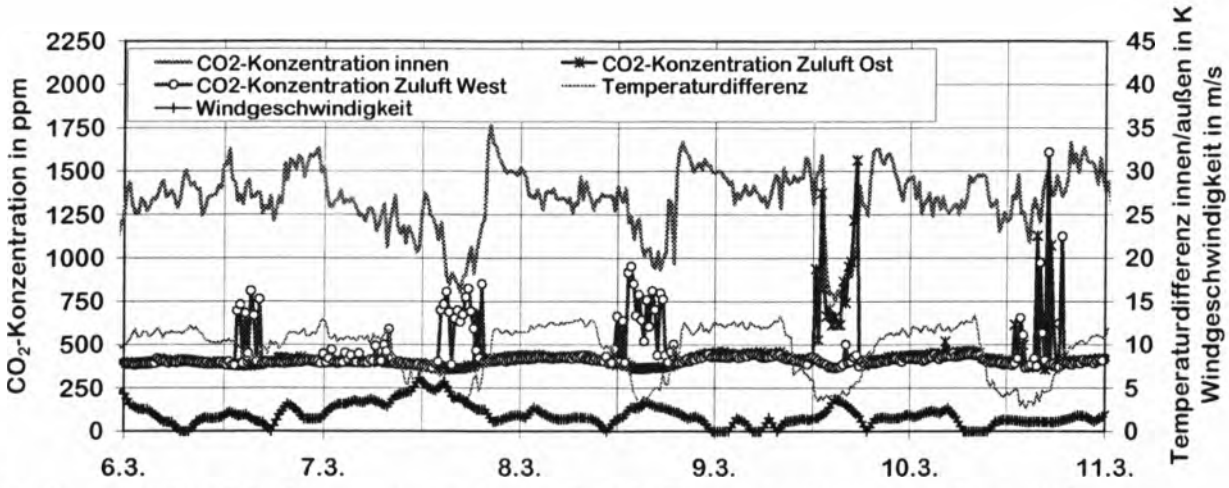


Abb. 2: Erhöhte CO_2-Konzentration in den Zuluftöffnungen während häufigen Auftretens von Leckluftströmen durch Zuluftöffnungen
Higher CO_2-concentrations of the incoming air during current occurrence of leakage air flow through the incoming air openings

2.2.4 CO_2-Bilanzierung

Bei der CO_2-Bilanzierung wird der Abluftvolumenstrom (F) (in m³/h) mit Hilfe der gemessenen CO_2-Konzentrationen im Stall (c_i) und außerhalb (c_a) des Stalls sowie der CO_2-Produktion P der Tiere im Stall (in m³/h) berechnet. Die Formel hierzu lautet (OUWERKERK UND PEDERSEN 1994):

$$F_v = \frac{P_{v,CO_2}}{(c_i - c_a) \cdot 10^{-6}}$$

Zur Berechnung der CO_2-Produktion durch die Tiere im Stall gibt es verschiedene Modelle verschiedener Autoren. Am unkompliziertesten sind die Tabellenwerte, die in der DIN 18910 angegeben sind. OUWERKERK UND PEDERSEN (1994) berechnen die CO_2-Produktion entweder nach dem tierartspezifischen Respirationskoeffizienten oder nach den im Futter enthaltenen Inhaltsstoffen. NI (1998) hat bei eigenen Untersuchungen an Mastschweinen festgestellt, dass die berechneten CO_2-Mengen bei den bekannten Modellen unterschätzt werden, weil die Produktion von CO_2 aus den im Stall gelagerten Exkrementen zu gering gewichtet wird. Er kommt experimentell zu einer CO_2-Produktion des ruhenden Schweines (TCER=Tranquil CO_2 Exhalation Release) und einer CO_2-Produktion aus der Gülle.

In der folgenden Abbildung werden nun die berechneten CO_2-Mengen für zwei unterschiedliche Mastschweinehaltungssysteme gegen die hierfür nach den oben genannten Autoren berechneten CO_2-Produktionsmengen aufgetragen.

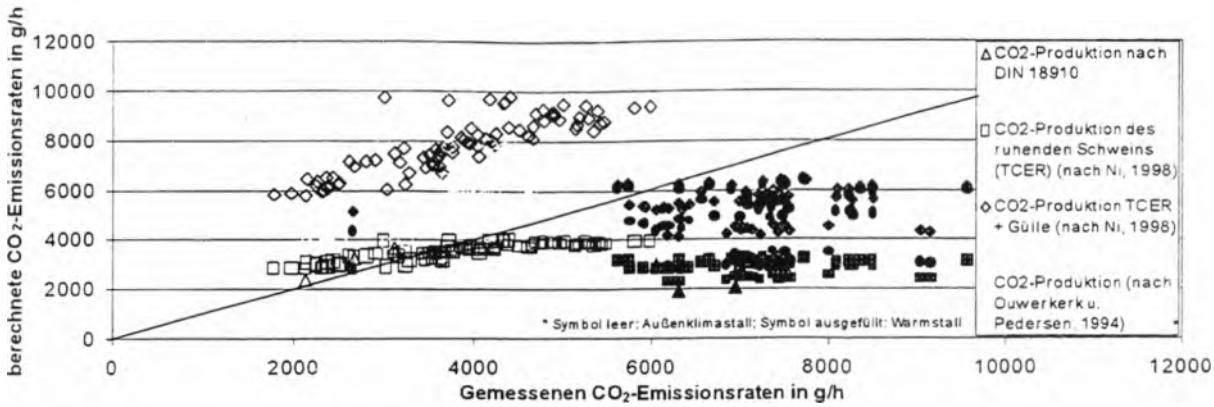


Abb. 3: Gemessenen CO_2-Menge in zwei Mastschweinehaltungssystemen gegen berechneter CO_2-Menge
Measured CO_2-Emission in two systems for fattening pigs against calculated CO_2-produktion

Aus der Abbildung ist erkennbar, dass beide Haltungssysteme (Außenklima-Kistenstall, leere Symbole; Warmstall, ausgefüllte Symbole) von der Winkelhalbierenden abweichen, was bedeutet, dass die berechneten CO_2-Mengen von der tatsächlich gemessenen abweichen. Weiter wird deutlich, dass die berechneten Werte für den Außenklimastall oberhalb der Winkelhalbierenden liegen und somit die hier gemessene Werte geringer sind als die berechneten, beim Warmstall verhält es sich umgekehrt, wobei die von NI (1998) modellierten CO_2-Mengen der Winkelhalbierenden am nahsten kommen. Ähnliche Abweichungen der CO_2-Produktionsmenge zwischen einem Vollspaltenstall und einem Kistenstallsystem mit freier Lüftung konnten auch GALLMAN ET AL. (2000) feststellen.

Die CO_2-Bilanzmethode sollte deshalb für die kontinuierliche Ermittlung tierartspezifischer Emissionsraten und verfahrenstechnischer Vergleiche nicht herangezogen werden.

Die angegebenen Literaturstellen können bei den Autoren angefordert werden.

Demands and procedure to determine emission rates from stables as a basis for process evaluation

GRONAUER, ANDREAS[1], BARBARA RATHMER[1], HANS SCHÖN[1]; EBERHARD HARTUNG[2], GREGOR BROSE[2], EVA GALLMANN[2] AND THOMAS JUNGBLUTH[2]

1 Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Am Staudengarten 3, 85354 Freising, Germany
2 Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart, Germany

Various emission rates of NH_3, CH_4, N_2O and CO_2 can be found in literature for the different animal keeping systems. The results of emission measurements are the basis for legislative directives, therefore valuable criteria concerning the measurement of gas and odour concentration and air flow and must be defined. One criterion is the continuous determination of the air flow in long-term measurements also in naturally ventilated animal housings, which can be realized by the means of large dynamic chamber in a naturally ventilated fattening pig house or leakage air flow rate determination in a dairy cow stable as it is shown in this paper. CO_2-balance is not useful for this kind of measurements because of high deviations of modelled and measured CO_2-production.

Zeitauflösendes Ausbreitungsmodell für Geruchsimmissionen

WALLENFANG, OLIVER[1+2], PETER BOEKER[1], FRANK KOSTER[3], ROBERTO CROCE[3], MICHAEL GRIEBEL[3], PETER SCHULZE LAMMERS[1] UND BERND DIEKMANN[2]

[1] Institut für Landtechnik, Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn
[2] Physikalisches Institut, Universität Bonn, Nussallee 15, 53115 Bonn
[3] Institut für Angewandte Mathematik, Universität Bonn, Wegelerstr. 6, 53115 Bonn

1 Einleitung

Der besondere Charakter der Geruchswahrnehmung ist die Unterscheidung zwischen unter und über der Geruchsschwelle liegenden Geruchsstoffkonzentrationen. Bei zeitlich schwankenden Konzentrationswerten genügt daher die Kenntnis des Mittelwertes nicht, es wird zusätzlich die Größe und Art der Schwankungen benötigt.

Für Prognosen werden Strömungs- und Ausbreitungsmodelle eingesetzt, die für ein technisches Umfeld entwickelt wurden, und nicht ohne Anpassungen auf landwirtschaftliche Geruchsquellen anzuwenden sind. Der Einsatzbereich von Strömungsmodellen ist die Optimierung von Fahr- und Flugzeugen, von Ausbreitungsmodellen die Simulation des Stadtklimas.

Die Ausbreitungsmodellierung befasst sich vor allem mit Schadstoffen und Partikeln aus industriellen Quellen, deren Deposition im Umfeld der Anlagen als gemittelter Schadstoffeintrag interessiert. Wenn die Schwankungen (Fluktuationen) benötigt werden, müssen Zusatzannahmen herangezogen werden, um von den Mittelwerten auf die Größe der Fluktuation zu schließen.

Das hier vorgestellte Modell NaSt3D/GP ist speziell auf die Geruchsmodellierung abgestimmt, und erlaubt die direkte Prognose des Zeitverlaufes der Geruchsstoffkonzentrationen. Die Modellierung basiert durchgängig auf den grundlegenden strömungsmechanischen Beziehungen und vermeidet jegliche modellfremde Zusatzannahmen (Homepage IAM).

2 Techniken der Strömungsrechnung

Grundlage aller Strömungsberechnungen sind die Navier-Stokes-Gleichungen:

In der Näherung für inkompressible Fluide, die für Außenströmungen angenommen wird, lauten die Gleichungen:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\vec{u}) + (\vec{u} \cdot grad)(\vec{u}) + grad\ p = \frac{1}{\mathrm{Re}}\Delta\vec{u} + \vec{g}$$

$\vec{u}$: Windfeld $\vec{g}$: äußere Volumenkräfte
p : Druck Re : Reynoldszahl

Die Gleichungen beschreiben das gesamte Strömungsfeld, besonders auch mit den hier interessierenden Fluktuationen und Wirbeln. Leider sind diese Differentialgleichungen nicht direkt analytisch lösbar, man ist also auf numerische Lösungsverfahren angewiesen.

Für diese zerlegt man das Simulationsgebiet in ein dreidimensionales Gitter, in dessen Zellen die Gleichungen diskret in Zeit und Ort gelöst werden. Hierzu ist ein großer Rechenaufwand

und Speicherbedarf notwendig, der Modellvereinfachungen erfordert. Insbesondere die Turbulenz der Luftströmung, die bei fast allen Problemen auftritt, bereitet große Schwierigkeiten, da die meisten Lösungsverfahren bei großen Gradienten zu schwingen beginnen (GRIEBEL 1998).

In den meisten Anwendungsfällen werden nur Mittelwerte benötigt. Das gängige Lösungsverfahren spaltet fluktuierende Größen in Mittelwerte und Schwankungsgrößen und behandelt die entstehenden Gleichungen getrennt. Rein formal führt dieses Vorgehen für die Strömung zu einer Erhöhung der Viskosität (Eddy-Viscosity) und damit zu einer Glättung des Strömungsbildes. Zudem sind zeitliche Schwankungen nur noch durch statistische Größen erfasst und damit nur noch indirekt der Auswertung zugänglich.

Werden Fluktuationen benötigt, ist es ein besserer Ansatz, Turbulenzen direkt numerisch zu berechnen (direkte numerische Simulation, DNS). Hierbei können allerdings nur Wirbel aufgelöst werden, die in der Größenordnung der Gitterweite liegen, die Energieerhaltung wird in den Gitterdimensionen gewährleistet. Für die Geruchsausbreitung genügen Wirbel im Meterbereich, da kleinere und damit auch kurzzeitigere Fluktuationen von der Nase nicht wahrgenommen werden können. Es bleibt aber noch durch Validierungsmessungen zu zeigen, dass die simulierten Situationen mit realen Fällen zufriedenstellend übereinstimmen.

3 Techniken der Ausbreitungsrechnung

Ein Ansatz, die Ausbreitung eines Stoffes zu beschreiben, bildet die Transportgleichung (oder Advektions-Diffusions-Gleichung):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \lambda \Delta C - \vec{u} \cdot grad\, C + Q$$

C : Konzentration λ : Diffusionskoeffizient

$\vec{u}$: Windfeld Q : Quellterm

Diese beschreibt das zeitliche und räumliche Verhalten einer Konzentration in einem Windfeld $\vec{u}$ mittels der Diffusion und der Advektion (Mitbewegen im Feld). Die numerische Lösung geschieht wieder auf dem oben beschriebenen Gitter in kleinen Zeitschritten. Bei diesem Verfahren zeigt sich ein Nachteil der Gitterberechnung: die Lösung dieser Gleichung ist nicht unabhängig von der Wahl des verwendeten Gitters. Vorzugsweise geschieht die Advektion entlang der Gitterlinien, was zu einer Anisotropie der Ergebnisse einer Geruchshäufigkeitsprognose führen kann. Dieser als ‚numerische Diffusion' bekannte Effekt erfordert aufwendige Korrekturverfahren, die an das jeweilige Problem angepasst werden müssen (ZENGER 1998).

Die Ausbreitung kann auch über ein weiteres Verfahren ermittelt werden, das Lagrange-Partikel-Modell. Bei diesem Verfahren werden luftfremde Stoffe durch Partikel dargestellt, die von der Strömung bewegt werden und äußeren Kräften unterliegen können. Die Diffusion wird über eine Bewegung in eine beliebige Richtung realisiert (random walk).

$$\frac{\partial}{\partial t}\vec{x} = \vec{u} + \lambda \cdot \vec{e} + \frac{\vec{F}}{m} \cdot \partial t$$

$\vec{x}$: Partikelposition $\vec{u}$: Windfeld

λ : Diffusionskoeffizient $\vec{F}$: Kraft

$\vec{e}$: Zufallsbewegung

Dieses Verfahren hat mehrere Vorteile. Die Partikel bewegen sich in einem eigenen, kontinuierlichen Koordinatensystem und unterliegen somit keinen Gittereffekten, insbesondere keinem der numerischen Diffusion vergleichbaren Effekt. Zusätzlich können äußere Kräfte einfacher in die Lösungen übernommen werden und damit die Ausbreitung von Stäuben oder Aerosolen auf einfache Weise simuliert werden. Die Verwendung entsprechend vieler Partikel

(~ 10^6) erlaubt bei der Auswertung die Rückrechnung auf Konzentrationen durch einfaches Zählen in einem Testvolumen.

4 Geruchsausbreitung

Speziell für Gerüche bietet sich das beschriebene Vorgehen - DNS mit Lagrange-Partikel-Modell - an. Die Möglichkeit immissionsseitige Konzentrations-Zeitreihen an beliebigen Aufpunkten zu erstellen, erweist sich als deutlicher Vorteil gegenüber Verfahren, die auf Mittelwerten aufsetzen.

Das von uns verwandte Modell NaST3D/GP (Navier Stokes in 3 Dimensionen/ Gradierte Gitter und Parallel) arbeitet mit den Methoden der direkten numerischen Simulation. Die Ausbreitung wird über ein Partikelmodell zeitgleich zur Strömungsrechnung durchgeführt, so dass die Effekte von sich ablösenden Nachlaufwirbeln realistisch abgebildet werden.

Eine Besonderheit bildet die Parallelität des Programms, die es ermöglicht, auf einem Parallelrechner oder auf vernetzten Einzelrechnern gemeinsam zu rechnen. Es gelingt so, die Rechenzeit zu minimieren bzw. große und komplexe Strömungssimulationen durchzuführen.

Mit diesem Verfahren ist es auch möglich, Zeitreihen der Konzentration an beliebigen Punkten aufzunehmen und somit Begehungen zu simulieren. Diese Eigenschaft wird zur Validierung der Rechenergebnisse benötigt (SCHATZMANN ET AL. 1999).

Abbildung 1 zeigt eine Momentaufnahme einer Rechnung und Abbildung 2 die zugehörige Konzentrationsreihe für einen Immissionspunkt am rechten Rand des Rechengebietes.

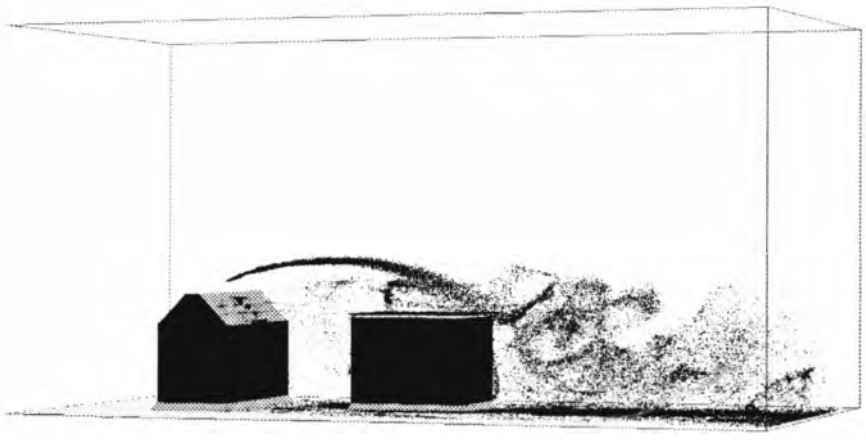


Abb. 1: Simuliertes Konzentrationsfeld berechnet mit NaSt3D/GP
Simulated concentration field calculated with NaSt3D/GP

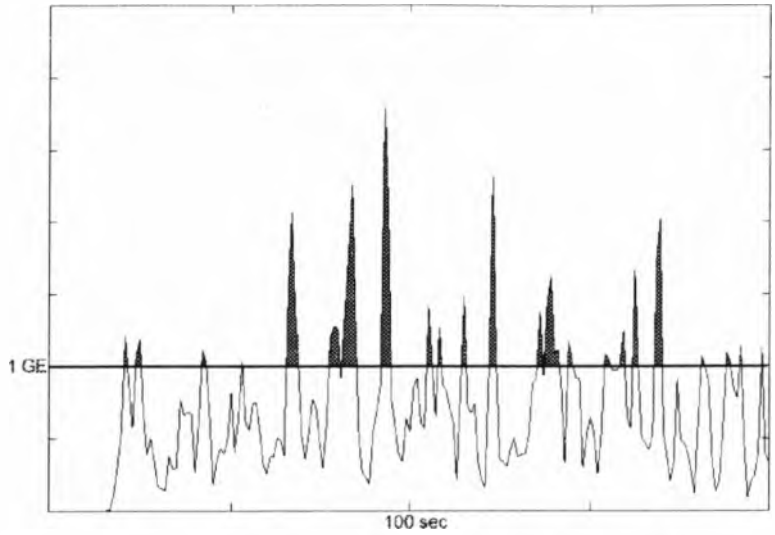


Abb. 2: Konzentrations-Zeitreihe aus obiger Rechnung
Time series of the concentration extracted from the simulation above

Mit der sogen. Fahnenüberhöhung wird die Verschiebung des effektiven Austrittspunktes bei der Ausströmung aus einem Kamin bezeichnet. Es ergibt sich häufig ein Streit um die Zulässigkeit der Annahme einer Fahnenüberhöhung, da die Immissionswerte damit sehr beeinflussbar sind.

Die Fahnenüberhöhung beschreibt einen senkrecht austretenden Emissionsstrom als punktförmige Quelle oberhalb der Austrittsöffnung. Der Abstand der virtuellen Punktquelle von der Öffnung ist abhängig von der Austrittsgeschwindigkeit und der Anströmgeschwindigkeit und berechnet sich nach der Formel:

$$\Delta h = \frac{c \cdot \dot{V}}{u \cdot d}$$

$\dot{V}$: Volumenstrom u : Windgeschwindigkeit

d : Kamindurchmesser c : Faktor

Dieses Vorgehen ist anwendbar bei Quellen, die so hoch liegen, dass sie durch die Überhöhung aus dem Nachlaufbereich des Gebäudes herausreichen. Simulationsrechnungen zeigen, dass diese Bedingung nicht unbedingt erfüllt ist, insbesondere bei landwirtschaftlichen Emissionsquellen, die üblicherweise nur wenig über Firsthöhe emittieren. Hier wird die Ausbreitung über den so genannten ‚down wash Effekt' nach unten gezogen. Diese Unterschiede zeigt die Abbildung 3 für drei verschiedene Ausströmgeschwindigkeiten. In den oberen beiden Fällen reicht die Ausströmgeschwindigkeit nicht aus, um die Emissionen über den Umströmungsbereich des Gebäudes zu befördern. Es kommt zu dem erwähnten ‚down-wash'-Effekt, der im Effekt zu einer sehr niedrigen Emission führt. Nur im unteren Fall zeigt auch die Simulation eine Fahnenüberhöhung, die zu einer mit dem Gaußmodell zutreffend zu beschreibenden Ausbreitung führt.

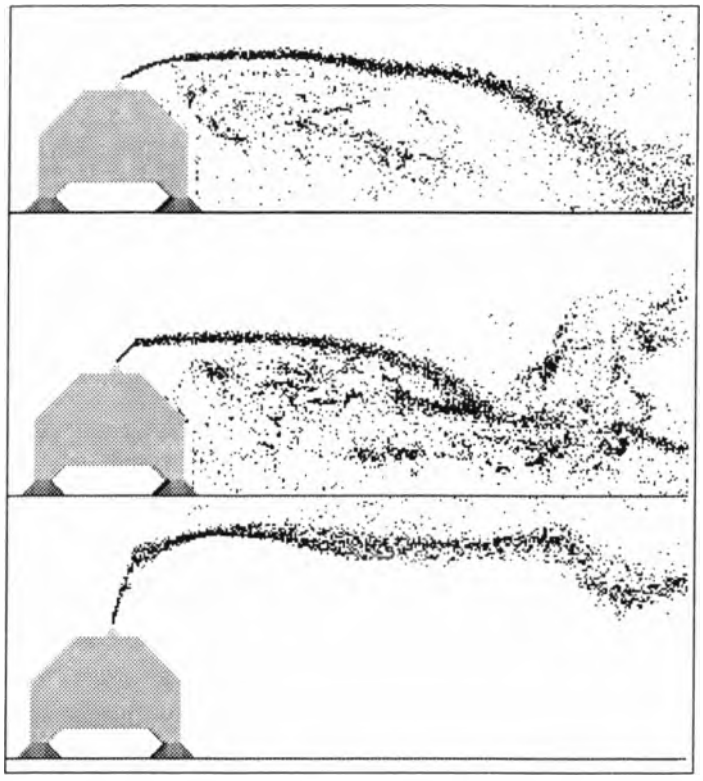


Abb. 3: Konzentrationsfahnen bei verschiedenen Ausströmgeschwindigkeiten
Concentration plumes at different outgoing velocities

Tab. 1: Simulation des Ausströmverhaltens bei verschiedenen Wind- und Ausströmgeschwindigkeiten
Simulation of the off-stream at different velocities

		Ausströmgeschwindigkeit in m/s											
		1			3			6			10		
		[m] Sim.		[m] For.	[m] Sim.		[m] For.	[m] Sim.		[m] For.	[m] Sim.		[m] For.
Windgeschw. in m/s	1	1,8	T/N	0,7	1,8	T/N	2,0	4,2		4,0	7,1		6,7
	3	3	D/N	0,2	2,4	D/N	0,7	2,1	T	1,3	1,8	T	2,2
	5	1,5	D/N	0,1	1,5	D	0,4	2,8	D	0,8	3	D	1,3

Sim: simuliert
For.: nach der Überhöhungsformel berechnet
T: Turbulente Ausbreitung
N: Emissionen werden in den Nachlaufbereich gezogen
D: Down-wash-Effekt

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse einer Reihe von Simulationen aufgelistet, die mit der Variation der Anströmgeschwindigkeit des Windes und verschiedenen Ausströmgeschwindigkeiten durchgeführt wurden. In den drei Spalten unter den Ausströmgeschwindigkeiten sind die si-

mulierten (links) und die nach der Überhöhungsformel berechneten (rechts) Fahnenüberhöhungen eingetragen. Der mittlere Eintrag beschreibt den Charakter der Ausbreitung wie unter der Tabelle beschrieben. Nur in den offengelassenen Einträgen ist die Anwendung der Formel sinnvoll (Abb. 3, unterer Fall), da in allen anderen Fällen die Emissionen effektiv als diffuse und bodennahe Quelle wirken (Abb. 3 oben und Mitte).

6 Literatur

GRIEBEL, M., T. DORNSEIFER UND T. NEUNHOEFFER: Numerical Simulation in Fluid Dynamics, a practical Introduction. SIAM, Philadelphia, 1998

IAM: Homepage des Institutes für Angewandte Mathematik (IAM) der Universität Bonn, Abt. Prof. Michael Griebel, http://wwwwissrech.iam.uni-bonn.de

SCHATZMANN, M., B. LEITL UND J. LIEDTKE: Validierung numerischer Modelle für Ausbreitungssimulationen in Stadtgebieten. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 59, 1999, Nr. 9, S. 349-355

ZENGER, A.: Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung: Grundlagen und Praxis. Springer 1998, ISBN 3-540-64757-0

Time-resolved dispersion model for odour immissions

WALLENFANG, OLIVER[1+2], PETER BOEKER[1], FRANK KOSTER[3], ROBERTO CROCE[3], MICHAEL GRIEBEL[3], PETER SCHULZE LAMMERS[1] AND BERND DIEKMANN[2]

[1] Institut für Landtechnik, Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn, Germany
[2] Physikalisches Institut, Universität Bonn, Nussallee 15, 53115 Bonn, Germany
[3] Institut für Angewandte Mathematik, Universität Bonn, Wegelerstr. 6, 53115 Bonn, Germany

The special character of the odour perception is the distinction between concentrations below and over the odour threshold. At temporally varying concentration values the knowledge of the average value is not sufficient, additionally the amount of the fluctuations is needed.

For prognoses flow and dispersion models are used, which were developed for a technical field, and can not be used without adaptations to agricultural sources. The range of application of flow models is the optimization of mobiles and airplanes, of dispersion models the simulation of the urban climate.

The dispersion modelling is concerned particularly with pollutants and particles from industriel sources, whose deposition in the surrounding field interests as averaged value. If the fluctuations are required, additional assumptions must be made, in order to judge from the average values the size of the fluctuation.

The model NaSt3D/GP presented here is directed special to the odour modelling, and permits the direct prognosis of the time series of the concentrations. The modelling is based on the fundamental flowmechanical relations and avoids any additional assumptions.

Tracerverfahren zur Validierung von Ausbreitungsmodellen für Geruchsemissionen

BOEKER, PETER[1]; MARTIN WITTKOWSKI[1], OLIVER WALLENFANG[1], FRANK KOSTER[3], ROBERTO CROCE[3], MICHAEL GRIEBEL[3], BERND DIEKMANN[2] UND PETER SCHULZE LAMMERS[1]

[1] Institut für Landtechnik, Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn
[2] Physikalisches Institut, Universität Bonn, Nussallee 15, 53115 Bonn
[3] Institut für Angewandte Mathematik, Universität Bonn, Wegelerstr. 6, 53115 Bonn

1 Einleitung - Ausbreitungsmodelle und Fluktuationen

Um die Immissionen von emittierten Schad- und Geruchsstoffen zu prognostizieren, werden Ausbreitungsmodelle eingesetzt.

Mit den Begriffen Emission, Transmission und Immission werden die drei Teilaspekte einer Stoffverteilung benannt. Unter dem Begriff der Emission wird die Freisetzung von Stoffen an einer Emissionsquelle gefasst, nach Art, Größe und Zeitverlauf. Transmission bezeichnet den Vorgang des Stofftransportes und der Verteilung in Windströmungen. Die Immission ist das Gegenstück zur Emission, der Begriff steht für den lokalen Stoffeintrag.

Zur Berechnung der Transmission werden Ausbreitungsmodelle eingesetzt. Verbreitet sind sog. Gaußmodelle, die eine analytische Lösung der Ausbreitung unter sehr vereinfachten Voraussetzungen angeben. Numerische Modelle sind in der Lage, auf Kosten eines hohen Berechnungsaufwandes, detaillierte Strömungs- und Ausbreitungsberechnungen durchzuführen. Allen bisher eingesetzten Modellen ist eigen, dass sie die Immissionsmittelwerte prognostizieren.

Gerüche werden, anders als Schadstoffeinträge, nicht vollständig durch den Mittelwert der Immissionskonzentration charakterisiert. Erst ab dem Geruchsschwellenwert beginnt die Geruchswahrnehmung, darunter liegende Konzentrationen tragen nicht zur Belästigung bei. Abbildung 1 zeigt den Konzentrationsverlauf eines Geruchs um einen bestimmten Mittelwert herum. Die Kurve links verläuft unterhalb der Geruchsschwelle. Rechts ist eine zweite Kurve, ebenfalls um diesen Mittelwert herum schwankend, dargestellt. Hier wird der Schwellenwert in etwa einem Drittel der Zeit überschritten. Die Darstellung verdeutlicht die Notwendigkeit, zusätzlich zum Mittelwert der Immission auch die Größe der Schwankung zu ermitteln.

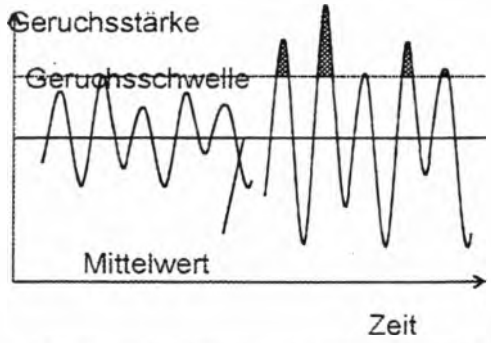


Abb. 1: Schwankungen der Geruchsimmission und Überschreitung der Geruchsschwelle
Fluctuation of the odour immission and the exceeding of the threshold

Modelle neuer Generation sind nun bereits in der Lage, nicht nur den Mittelwert, sondern auch die Zeitreihen der Konzentrationsschwankung zu berechnen (BOEKER ET AL. 2000). Die Berechnung des Strömungsfeldes und der Ausbreitung wird hier nicht mehr nacheinander, sondern simultan durchgeführt. Die Strömungsberechnung wird nichtstationär durchgeführt, so dass eine fortlaufende Verfolgung der momentanen Strömungsverhältnisse und der damit verbundenen Ausbreitung möglich ist. Ein speziell an die Geruchsausbreitung angepasstes Modell ist das Modell NaSt3D des Institutes für Angewandte Mathematik der Universität Bonn (Arbeitsgruppe Prof. Michael Griebel).

2 Validierung von Ausbreitungsmodellen

Modelle im Allgemeinen sind Konstruktionen zur Nachbildung realer Vorgänge. Das Vorgehen der Modellierung besteht in der Auswahl der für das Problem für wichtig erachteten Mechanismen und Teilprozesse und von deren mathematischer Beschreibung. Bei der gegebenen Komplexität der natürlichen Prozesse kann nur ein sehr begrenzter Ausschnitt der Teilvorgänge berücksichtigt werden.

Das Ziel der Modellierung ist es, eine gut manipulierbare und beobachtbare ‚Parallelwelt' zu schaffen, anhand derer das Verhalten der realen Welt unter allen möglichen Bedingungen studiert werden kann.

Um zu einer befriedigenden Übereinstimmung von Modellvorhersagen und Realität zu kommen, werden Daten benötigt, die eine Erfolgskontrolle der Modellierung ermöglichen. Hierfür werden besondere Experimente durchgeführt, deren Daten zur Validierung benutzt werden. Die Validierung umfasst die Aufzeichnung möglichst vieler Randbedingungen und der Daten von genau spezifizierten Experimenten.

3 Tracermesstechniken

Die direkte und zeitlich hoch aufgelöste Messung von Gerüchen ist bisher nicht möglich. Elektronische Nasen, die eine Art von Geruchsmessung durchführen, sind für eine direkte Messung noch nicht empfindlich genug und für Feldmessungen bisher nicht einsetzbar. Der Weg führt deshalb über Ersatzmessgrößen. Anstelle von Geruchsstoffen werden andere Gase am Emissionsort freigesetzt, die sich empfindlich und zeitaufgelöst messen lassen.

Für Tracergase gelten einige Voraussetzungen:

- Ungiftigkeit und gute Umweltverträglichkeit
- Niedrige Hintergrundkonzentration
- Reaktionsträgheit und geringe Löslichkeit
- Leichte und empfindliche Nachweisbarkeit.

Als Tracergase können Krypton (LUNG ET AL. 2000), Propan (MEJER 1987) und das hier eingesetzte Schwefelhexafluorid (SF_6) (ZENGER ET AL. 1994) verwendet werden. Radioaktives Krypton (^{85}Kr) kann empfindlich und schnell mit Geiger-Müller-Zählrohren gemessen werden, erfordert jedoch eine gesonderte Genehmigung. Propan ist wegen der Notwendigkeit des Explosionsschutzes am Freisetzungsort nicht unproblematisch und lässt sich schlecht selektiv messen. Schwefelhexafluorid weist alle von einem Tracer geforderten Eigenschaften auf und wurde deshalb in der hier dargestellten Studie verwendet.

Die Messung des Tracers wurde mit einem modifizierten Lecksuchgerät (Meltron Leakmeter 200) vorgenommen. Das Gerät arbeitet mit einem ECD (electron capture detector). Ein Argon Trägergasstrom wird durch eine radioaktive ^{63}Ni-Quelle ionisiert. Die freien Elektronen werden im Detektor gemessen und rufen einen Dauerstrom hervor. Wird dem Trägergas Messgas mit SF_6-Molekülen zugemischt, fängt das sehr elektronegative SF_6 die freien Elektronen und führt zu einem sinkendem Detektorstrom.

Das eingesetzte Gerät Leakmeter 200 hat einen Messbereich von 10 ppb bis zu 20 ppm, also einen Dynamikumfang von etwa 1:1000. Um den Messbereich nach unten hin hoch aufzulösen, wurde ein direkter Datenausgang nachgerüstet, der die Detektorsignale in Form einer Messfrequenz zu einem Digitalzähler leitet.

4 Durchführung der Messungen

4.1 Tracerfreisetzung

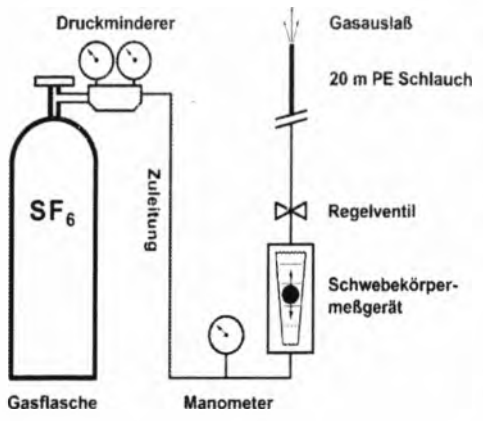
Vor der Durchführung der Messungen waren Abschätzungen bezüglich der SF_6-Freisetzungsmengen und der zu erwartenden Immissionskonzentrationen erforderlich. Es wurde das Gaußmodell zur Abschätzung herangezogen, da es als validiertes Modell eine Abschätzung ‚auf der sicheren Seite' erlaubt.

Die Prognoseberechnung ergab bei den verschiedenen möglichen Ausbreitungsklassen und einer angenommenen Windgeschwindigkeit von 3 m/s mittlere Immissionskonzentrationen von 480 ppb bis 1,6 ppb (Tab. 1), wenn eine Menge von 10 kg SF6 pro Stunde freigesetzt würde. Die häufigste Klasse 3/II weist eine Konzentration von 14,2 ppb auf.

Tab. 1: Berechnete Immissionskonzentrationen für verschiedene Ausbreitungsklassen in ppb (Quellhöhe und Immissionshöhe 2 m, Quellstärke 10 kg SF6/h, Windgeschwindigkeit 3 m/s)
Calculated concentration of the immission for different dispersion classes [ppb]

Entfernung [m]	50	100	150	200	250	300
Ausbreitungsklasse	mittlere Immissionskonzentration [ppb]					
1	479,4	218,6	132,2	91,3	68,1	53,4
2	425,5	159,9	87,9	57,1	40,8	31,0
3/I	442,7	147,4	75,9	47,2	32,6	24,1
3/II	339,3	101,6	49,3	29,4	19,7	14,2
4	204,5	55,4	25,5	14,6	9,5	6,7
5	64,3	15,7	6,8	3,8	2,4	1,6

Die Freisetzung geschah aus 10 kg SF_6-Druckflaschen mit einer eigens zusammengestellten Anordnung aus Druckminderer, Manometer, Schwebekörpermessgerät und Regelventil (siehe **Abbildung 2**). Durch Wahl des Druckniveaus im Schwebekörpermessgerät wurde dessen Messbereich in den gewünschten Durchflussbereich verschoben. Da das Tracergas in der Druckflasche flüssig vorliegt, wird für die Verdampfung des Gases ein kontinuierlicher Wärmestrom zur Verdampfung benötigt. Die Temperatur der Flasche kann auf zu niedrige Werte



absinken, bei denen der Restdruck für die Aufrechterhaltung eines hohen Flusses nicht mehr ausreicht. Rechnerisch wird eine Leistung von ca. 500 W benötigt, die durch externe Beheizung zuzuführen wäre. In der Praxis zeigte sich, dass eine halbstündigen Messung auch ohne Beheizung noch durchführbar war (Auftreten von Bereifung, aber noch ausreichender Restdruck).

Abb. 2: Apparatur zur Tracergasfreisetzung
Set-up for controlled tracer emission

4.2 Das mobile Messfahrzeug

Die Messungen der Immission wurden mit einem mobilen Messfahrzeug durchgeführt. Der Weg wurde gewählt, da bei den im allgemeinen schwankenden Windrichtungen eine stationäre Messung entweder ein häufiges Umsetzen des Messequipments oder eine Vielpunktmessung erfordert. Die Basis des Messfahrzeugs ist ein vierradgetriebenes Geländefahrzeug mit Aufnahmeplattformen für Messgeräte. In Abbildung 3 ist das Fahrzeug mit den angebauten Messgeräten abgebildet.



1. Ultraschall – Anemometer
2. SF_6 – Tracergasmessgerät
3. GPS – Positionsempfänger
4. Datenerfassung und -speicherung
5. Stromversorgung und Tracergas-Basisgerät

Abb. 3: Messfahrzeug zur mobilen Tracergasmessung
Vehicle for tracer measurements

Neben der Tracergasmessung werden die lokalen Winddaten mit einem Ultraschall-Anemometer aufgezeichnet. Die Position liefert ein GPS-Positionsempfänger mit einer Genauigkeit von ca. 1 m. Die Daten werden von einem Notebook synchronisiert und mit einer Messrate von 1 Sekunde erfasst.

5 Methodik der Validierungsmessungen

Mit den Validierungsmessungen wurden mehrere Ziele verfolgt. Anhand von genau festgelegten Emissionssituationen sollte die Frage der tatsächlichen Ausdehnung der Ausbreitungsfahne geklärt werden. Im Gegensatz zu den Prognosen des Gaußmodells, die eine gemittelte Konzentration auch über mäandernde Fahnen darstellt, war zu erwarten, dass die Fahne in der

Realität erheblich schmaler ist. In Abbildung 4 ist der Unterschied zwischen der durch ein Gaußmodell berechneten durchschnittlichen Ausbreitungsfahne und der momentanen mäandernden Ausbreitungsfahne dargestellt. Bei Messungen der Immissionskonzentration ist daher mit erheblich höheren Maximalkonzentrationen zu rechnen, als das Gaußmodell vorhersagt. Die oben vorgenommene Abschätzung der Immissionskonzentration mit dem Gaußmodell unterschätzt die tatsächlichen Werte erheblich.

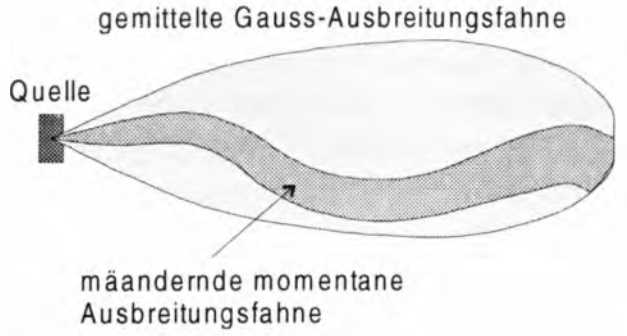
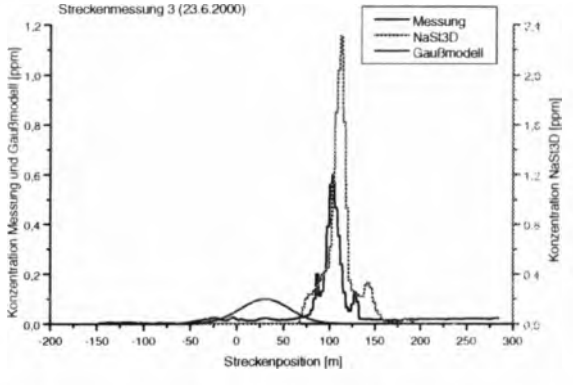


Abb. 4: Unterschied der Gauß-Ausbreitungsfahne zur momentanen Ausbreitungsfahne
Difference of the gaussian dispersion plume to the momentaneous plume

Zur Validierung des Ausbreitungsmodels NaSt3D wurden zwei Messvarianten durchgeführt. Zur Bestimmung der Form der Ausbreitungsfahne wurden Durchfahrungen und zur Bestimmung der Fluktuationen wurden lokale Messungen durchgeführt. Die Durchfahrungen der Geruchsfahne erlauben es, aus der Breite die im Modell NaSt3D einstellbare Größe des turbulenten Diffusionsparameters abzugleichen. Je nach dessen Größe verteilt sich der Stoff mehr oder weniger. In Abbildung 5 ist das Ergebnis einer Fahnendurchfahrung dargestellt. Zum Vergleich ist der nach dem Gaußmodell berechnete, der gemessene und der mit NaSt3D simulierte Konzentrationsverlauf gegeben. Wie erwartet, sind die Mittelwerte nach dem Gaußmodell erheblich niedriger, als die Momentanwerte einer gemessenen Konzentrationsfahne. Die zusätzlich dargestellte Simulation weist eine vergleichbare Breite der Fahne auf, überschätzt jedoch zum jetzigen Stand der Modellentwicklung (z.B. Nichteinbeziehung der thermischer Effekte) die Werte noch um das Doppelte.



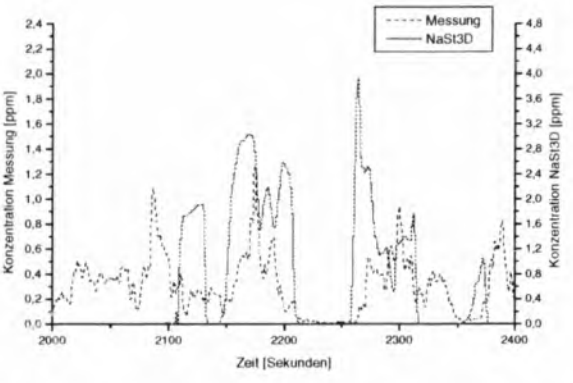


Abb. 5: (links) Messung und Simulation der Tracerkonzentration bei Fahnendurchfahrung
(left) Measurement and simulation of the tracer concentration cross the plume

Abb. 6: (rechts) Messung und Simulation der Tracerkonzentration bei stationärer Messung
(right) Stationary measurement and simulation of the tracer concentration

Abbildung 6 zeigt die Messung und den Simulationsvergleich bei einer stationären Messung mit verschiedenen Fahnenüberstreichungen und Intermittenzphasen (Phasen ohne Immission).

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Messung von Validierungsdaten ist besonders für Modelle mit integrierter Berechnung der Fluktuation notwendig, da wenig entsprechende Daten verfügbar sind. Die Verwendung des Tracers Schwefelhexafluorid im Freiland hat sich in der Kombination mit einem modifizierten Lecksuchgerät als gangbarer Weg erwiesen. Die flexible Installation der Messausrüstung auf einem mobilen Messfahrzeug ermöglicht sehr effiziente Messeinsätze mit minimalem Verbrauchsmitteleinsatz. Es sind in der Zukunft weitere Validierungsmessungen unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen geplant.

7 Literatur

BOEKER, P. ET AL.: The modelling of odour dispersion with time-resolved models. Agrartechnische Forschung 6 (2000), Nr. 4, S. 84-89

LUNG, T, ET AL.: Messung und Modellierung von Konzentrationsfluktuationen für Gerüche. KTBL Sonderveröffentlichung zum KTBL/FAL-Fachgespräch, 24./25.10.00, Braunschweig, Nr. 031, S. 52-59

MEJER, G.-J.: Messungen zur Ausbreitung luftfremder Stoffe im Bereich bodennaher Punktquellen. Grundlagen der Landtechnik 37 (1987), Nr. 6, S. 221-227

ZENGER, A. ET AL.: Tracergasuntersuchungen zur naturgetreuen Simulation von atmosphärischen Transport- und Mischvorgängen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen. Staub-Reinhaltung der Luft 54 (1994), S. 51-54

Tracer measurements for the validation of odour dispersion models

BOEKER, PETER[1]; MARTIN WITTKOWSKI[1], OLIVER WALLENFANG[1], FRANK KOSTER[3], ROBERTO CROCE[3], MICHAEL GRIEBEL[3], BERND DIEKMANN[2] AND PETER SCHULZE LAMMERS[1]

[1] Institut für Landtechnik, Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn
[2] Physikalisches Institut, Universität Bonn, Nussallee 15, 53115 Bonn
[3] Institut für Angewandte Mathematik, Universität Bonn, Wegelerstr. 6, 53115 Bonn

In the chain emission, transmission and immission of odour the smell perception at the immission location is determined by the fluctuations of the local odour concentration. The smell perception starts from the threshold value. For the determination of the excess above the threshold level therefore the fluctuation around the average value of the immission is needed. The odour is differently strong diluted by the turbulence of the natural wind currents with the transmission. Additionally, changing wind directions lead to a shift of the main direction of propagation, which results in meandering of the odour plume. For validating of the new odour diffusion model NaSt3D measurements in open land were accomplished for the determination of the propagation. With a mobile tracer measuring technique with simultaneous recording of the meteorological data, the measuring positions and the tracer concentration, spatially and temporally high-resolved measurements were realised. The comparisons of model calculations and measurements resulted in a good agreement and account for the applicableness of the model NaSt3D for the detailed odour diffusion simulations.

Forschungsergebnisse zu Geruchsemissionen und -immissionen aus der Rinderhaltung

KRAUSE, KARL-HEINZ[1], EWALD GRIMM[2], HANS-JOACHIM MÜLLER[3] UND GUNNAR BREHME[3]

[1] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig
[2] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt
[3] Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

1 Einführung

Die von Tierhaltungen ausgehenden Geruchsemissionen können in der Umgebung zu Geruchsbelästigungen führen. Die Vermeidung dieser Belästigungen kann durch eine Reduzierung der Geruchsemissionen oder durch die Einhaltung von Mindestabständen zwischen Tierhaltung und Wohnbebauung erreicht werden. Zur Lösung dieser Aufgaben steht mit den VDI-Richtlinien „Emissionsminderung Tierhaltung - Schweine" (VDI 3471) und „Emissionsminderung Tierhaltung - Hühner" (VDI 3472) ein hilfreiches Instrumentarium zur Verfügung. Im Rahmen der Überarbeitung und Erweiterung dieser Richtlinien sind seit einigen Jahren verstärkte Forschungsaktivitäten zu verzeichnen.

Mit der Richtlinie VDI 3473 Emissionsminderung Tierhaltung Rinder wurde erstmals der sog. Geruchsäquivalenzfaktor f_{eq} eingeführt, der unter Beibehaltung der Abstandskurvenform die immissionsseitge Umrechnung der Tiermasse Mastschweine - ausgedrückt in GV, wobei 1 GV = 500 kg Tierlebendmasse entspricht - auf die Tiermasse Rinder erlaubte. In der Richtlinie VDI 3471 war ja bereits mit der Halbierung der für den Abstand relevanten Tiermasse im Sauenbereich gegenüber denjenigen in der Mastschweinehaltung f_{eq} = 0,5 eingebracht worden, ohne dass je dieser Tatbestand so im Regelwerk direkt formuliert war. Mit der Algebraisierung (KRAUSE 1988) der bis dato nur in graphischer Form vorliegenden Abstandskurven r_{Grenz}

$$r_{Grenz} = a(P)\, M_{T,eq}^{\,b(P)} \tag{1}$$

lag es nahe, tierartspezifische Geruchsäquivalenzfaktoren f_{eq} einzuführen:

$$M_{T,eq} = f_{eq}\, M_T \tag{2}$$

Der Abstand r_{Grenz} [in m] ist abhängig von dem geruchsäquivalenten Stallbesatz $M_{T,eq}$ [in GV] und den Funktionen a und b, die sich als Polynome zweiten Grades der Punktebewertung P (maximal können 100 Punkte vergeben werden) erweisen. Für die Koeffizienten der Polynome gilt:

$$a(P) = a_0 + a_1 P + a_2 P^2 \text{ mit } a_0 = 103{,}027,\ a_1 = -0{,}6963,\ a_2 = 0{,}00153 \tag{3}$$

$$b(P) = b_0 + b_1 P + b_2 P^2 \text{ mit } b_0 = 0{,}307,\ b_1 = 0{,}00051,\ b_2 = -0{,}000002 \tag{4}$$

Für P = 100 ergibt sich

$$a(P = 100) = 48{,}697 \tag{5}$$

$$b(P = 100) = 0{,}338 \approx 1/3 \tag{6}$$

Die Punktebewertung in der Richtlinie VDI 3473 lehnt sich an die in den Richtlinien VDI 3471 und VDI 3472 praktizierten Vorgehensweisen an (SCHIRZ UND GRIMM 1994). Bei diesem Versuch, zumindest die Abstandsregelung bei Schweinen, Hühnern und Rindern über den sog. Geruchsäquivalenzfaktor in adäquater Form abzuhandeln, wurde das Datenmaterial für die f_{eq}-Angaben im Rinderbereich seinerzeit in einigen Bundesländern für nicht ausreichend angesehen. Der Vorwurf, der seinerzeit immer wieder gegen die Richtlinie VDI 3473 ins Feld geführt wurde, bestand darin, dass die Geruchsäquivalenzfaktoren nur über olfaktometrische Messungen an der Quelle zustande gekommen seien. Mittlerweile liegen aus Feldversuchen gewonnene Daten vor. Die Richtlinie VDI 3473 wurde nach der Gründrucklegung vorerst ausgesetzt. Zahlreiche Forschungsvorhaben sind danach durchgeführt worden, die Datenbasis zu stärken.

Im Zeitraum von November 1996 bis Januar 2000 wurde der Forschungsbericht zur Rinderhaltung in Zusammenarbeit der Institute für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) in Potsdam, für Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode (FAL) und des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) erarbeitet. Untersucht wurden 31 Betriebe. Mit dem vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsvorhaben wird die Rolle der VDI-Tierhaltungsrichtlinien als antizipierte Gutachten bei der Bemessung und Bewertung von Mindestabständen zwischen Tierhaltung und Wohnbebauung betont. Seit 1976, 1986 geringfügig überarbeitet, werden schon die Richtlinien „Emissionsminderung Tierhaltung - Schweine" (VDI 3471) und „Emissionsminderung Tierhaltung - Hühner" (VDI 3472) erfolgreich im Rahmen von Genehmigungsverfahren und Rechtsstreitfällen angewendet.

2 Methodisches Vorgehen

Um zu Aussagen über die Immissionen zu gelangen, bedarf es der Kenntnis der Emissionen, die den Ausgangspunkt für die immissionsseitigen Wirkungen von Gerüchen darstellen. Bei der freien Lüftung von Ställen hängen sie ausschließlich von den meteorologischen Gegebenheiten ab. Diese lassen sich in Klassen von Windgeschwindigkeit, von Windrichtung und von atmosphärischer Turbulenz zusammenfassen, wobei bezüglich des Emissionsverhaltens sich die beiden erstgenannten Größen als relevant erweisen.

Physikalische und numerische Modelle werden dazu verwendet, Aufhellung in das Emissionsgeschehen zu bringen. Allerdings werden diese Vorgehensweisen mit Vorbehalt gesehen, da sie das Realgeschehen stets nur partiell abbilden können und Analogieschlüsse erfordern. Die Umsetzung von Messungen an Originalgegebenheiten scheitern an der Dimensionierung und an der Reproduzierbarkeit. Nichtsdestotrotz ist man hergegangen, mit Hilfe von Tracerelementen das Abklingverhalten der Konzentrationen der eingebrachten luftgetragenen Zusatzstoffe zu ermitteln. Damit ist ein erster Ansatz gegeben, den Konzentrationsabbau im Mittel auf die vorhandene Luftwechselrate zurückzuführen. Während der eingebrachten Tracerstoffe variieren allerdings Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Um diesen Gegebenheiten Rechnung zu tragen, ist der Luftraum des zu untersuchenden Stalles in sog. Kompartimente aufzuteilen. Dieses ist vergleichbar mit der Auflösung eines zu untersuchenden Strömungsgebietes in finite Volumenelemente, allerdings mit der Einschränkung, gegenüber der Numerik mit wenigen und dafür noch großen Volumenelementen fertig werden zu müssen. Stellt man sich auf den

Standpunkt, dass der Konzentrationsabbau mit der Zeit in dem zu untersuchenden Stall quasi den Fingerabdruck des Stallsystems darstellt, dann lassen sich damit die Übergangsbedingungen zwischen den Kompartimenten (BREHME 2000) beschreiben und zudem die Bereiche benennen, bei denen Stallluft das System verlässt. Somit ist es möglich, auf die wechselnden Randbedingungen während des Emissionsversuches zu reagieren.

Die Beschreibung des Stoffübergangsverhaltens erfolgt unabhängig von den meteorologischen Gegebenheiten in Abhängigkeit von der Luftanströmgeschwindigkeit und den Temperaturverhältnissen in Bodennähe. Es ist zwischen dem stallinternen Emissionsverhalten und dem Ausbreitungsverhalten im Luftbereich zu unterscheiden. Diese Differenzierung führte immerhin zu den Erkenntnis, dass die Abstandsbeschreibung zwischen Tierhaltung im Rinderbereich und Wohnbebauung nicht mit der Potenz von 1/3 erfolgt, sondern mit 1/2. Um diesen Unterschied mathematisch auffangen zu können, wird der sog. Geruchsäquivalenzfaktor in der Rinderhaltung als veränderlich mit der Tiermasse angesetzt.

Das Ausbreitungsgeschehen ist im Hinblick auf die Abstandsbestimmung, wie sie bisher in den Richtlinien VDI 3471, VDI 3472 und VDI 3473 abgehandelt worden ist, einer neuen Betrachtungsweise unterworfen worden. Tierart, Fütterungsstrategie und Haltungsform bestimmen das Emissionsverhalten. Das Ausbreitungsverhalten von Emissionen ist im Prinzip völlig unabhängig von den freigesetzten Emissionen; es wird lediglich durch die Gebäudestrukturen und die Topographie bestimmt. Die Immissionen ergeben sich aus den zuvor genannten Einflussgrößen. Unter diesen Aspekten ist auch die Richtlinie VDI 3474 entwickelt worden, die alle bekannten Abstandsregelungen zusammenfasst. Sie berücksichtigt in Abstufungen den Windrichtungseinfluss und gleicht somit Vorgehensweisen, wie sie bei Ausbreitungsrechnungen Anwendung finden.

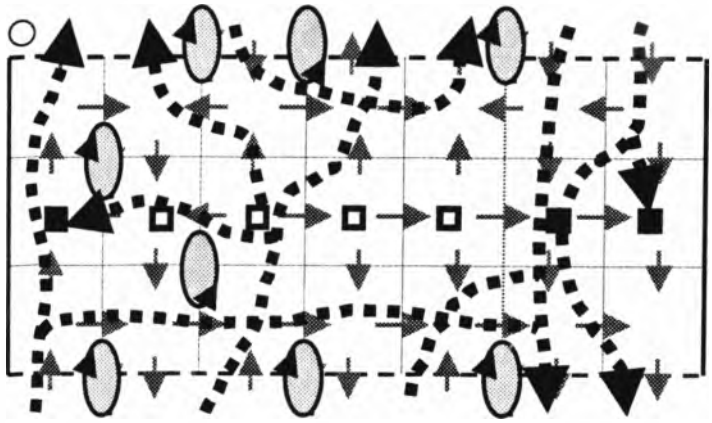


Abb. 1: Verlauf der stallinternen Luftströmung (rot) sowie Lokalisation der eintretenden Frischluft (blau). Die wahrscheinlichen Strömungswege und Wirbel sind gekennzeichnet
The formation of the internal air flow (red) and location of the input of fresh air (blue). The possible ways of fluid motion and circulations are characterized

Heute, da die Forschungsmittel knapper geworden sind, lassen sich umfangreiche Begehungen und Erhebungen – wie sie seinerzeit vor der Entstehung der VDI-Richtlinie 3471 erfolgten - nicht mehr durchführen. Es muss nach anderen Möglichkeiten gesucht werden, diesen Mangel auszugleichen. Dazu können moderne Messverfahren und Simulationstechniken (theoretische und physikalische Modelle) genutzt werden. Bei der Datenerhebung folgendermaßen vorgegangen (MÜLLER ET AL. 2000):

- Messtechnische Bestimmung von Geruchsstoff-Emissionsströmen von Praxisanlagen
- Erfassung von Tierbelegung, Lüftungssystem, Haltungstechnologie, Fütterungstechnologie, örtlichen Bedingungen und geografischer Lage
- Messtechnische Bestimmung der Außenklimabedingungen (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Turbulenz des Windes, Außenlufttemperatur und Außenluftfeuchte)
- Zeitparallele Begehungen in der Umgebung der Tierhaltung zur Geruchsfeststellung
- Kalibrierung des Ausbreitungsmodells durch Begehungssimulation
- Durchführung von Simulationsrechnungen über ein ganzes Jahr unter Berücksichtigung von Haltungszyklen, Lebendmasseentwicklung der Tiere und Klimabedingungen
- Ermittlung der notwendigen Mindestabstände aus den Simulationsrechnungen für die Einzeluntersuchungen.

3 Ergebnisse

31 Betriebe wurden emissions- und immissionsseitig quer durch die Bundesrepubklik Deutschland erfasst. Die Bundesländer Hamburg, Bremen, Berlin, Saarland und Nordrhein-Westfalen und Mecklenburg-Vorpommern wurden bei den Untersuchungen nicht bereist. 8 Untersuchungen fanden allein in Bayern statt, gefolgt mit 6 Untersuchungen in Sachsen, 5 in Brandenburg, 3 in Thüringen und Niedersachsen, 2 in Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein und einer Untersuchung in Hessen und Rheinland-Pfalz. Bei 6 Betrieben lag die Tiermasse über 500 GV. Um den Geruchsäquivalenzfaktor f_{eq} für Rinder angeben zu können, war es notwendig, eine Abstandsbeziehung analog zur Gleichung (1) für Rinder zu ermitteln:

$$r_{Grenz\ Rind} = A\ M_{T,eq}^{\ B} \tag{7}$$

Abbildung 2 zeigt die grafische Darstellung dieser Abstandsbeziehung.

Es wurden Geruchsmassenströme über komplexe Tracergasmethoden und olfaktometrische Messungen bestimmt, ferner wurden im Anlagenumfeld die Geruchswahrnehmungshäufigkeiten unter den gegebenen meteorologischen Bedingungen festgehalten. Um hier nicht statistischen Unzulänglichkeiten zum Opfer zu fallen und um von stichprobenbedingten Schlussfolgerungen wegzukommen, sind über komplexe Ausbreitungssimulationen Emissions- und Immissionsseite per Modellanpassung über Kalibrierungsparameter in „Einklang" gebracht worden. Nur so war es möglich, verallgemeinernde Aussagen über die Geruchswahrnehmungsschwelle zu erreichen. Durch Vergleich der Beziehungen nach Gleichung (1) und (7) erhält man den gesuchten Geruchsäquivalenzfaktor. Bei einer zugelassenen Wahrnehmungshäufigkeit von 5 % an der Wahrnehmungsschwelle kommt man auf A = 11,43 und B = 0,52. Der f_{eq}-Faktor erweist sich als abhängig von der Tiermasse M_T:

$$f_{eq} = 0{,}014\ M_T^{\ 0{,}534} \tag{8}$$

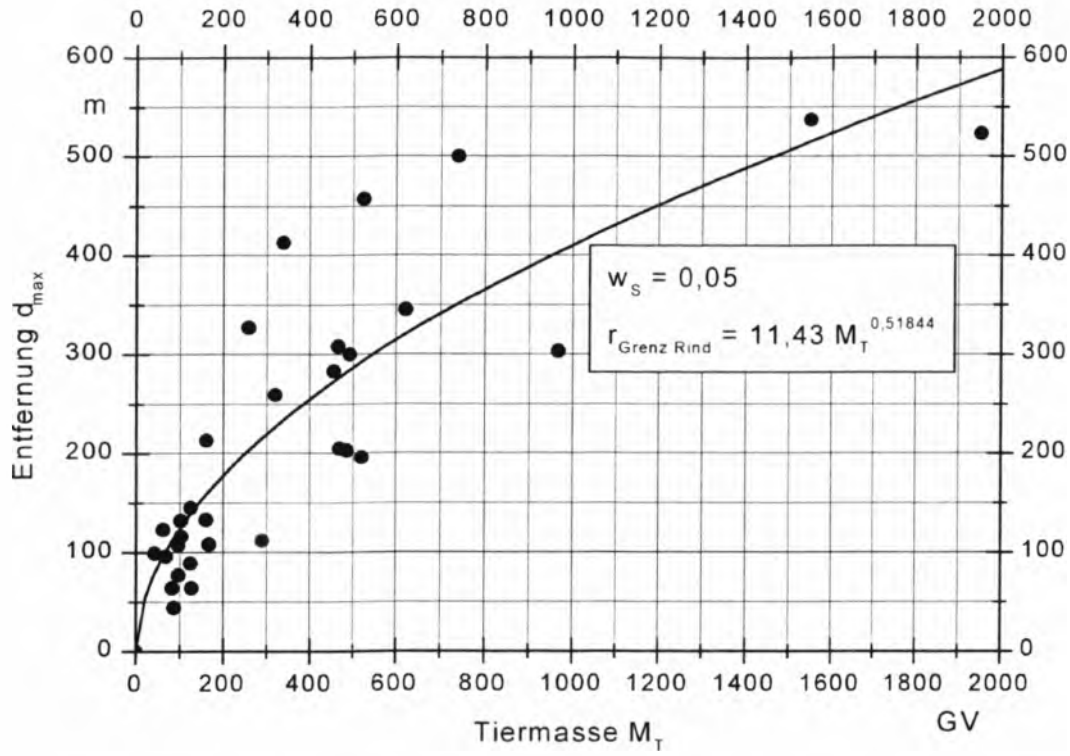


Abb. 2: Approximationskurve für den Abstand zwischen Rinderhaltung und Wohnbebauung in Anlehnung an die Richtlinie VDI 3471
Approximation curve for the distance between cattle keeping and dwelling houses according to the guideline VDI 3471

Immer dann, wenn Abweichungen vom 1/3-Potenz-Ansatz der Abstandsbestimmung r nach der Richtlinie VDI 3471 festzustellen sind, kommt es zu einer Abhängigkeit des Geruchsäquivalenzfaktors f_{eq} von der Tiermasse M_T. Man kann die Beziehung Gleichung (8) auch mitteln, so dass man einen mittleren Geruchsäquivalenzfaktor $f_{eq\ Mittel}$ für die Rinderhaltung erhält. Um sich über die Bereichsgrenzen der Mittelung bzw. Integration nicht streiten zu müssen, wird die simulationsrelevante Tiermasse M_T mit ihrem Kleinst- und Größtwert herangezogen, die bei den Untersuchungen auftraten; so ist $M_{T\ unten}$ = 43,2 GV und $M_{T\ oben}$ = 1.952 GV. Damit folgt

$$f_{eq\ Mittel} = 0{,}523 \tag{9}$$

Mit den dem Mittelwert anhaftenden Eigenschaften des Über- bzw. Unterschätzens des aktuellen Wertes f_{eq} würde dem überwiegenden Teil von Tierhaltungsbetrieben mit geringeren Tierbeständen, d.h. $M_T < 500$ GV, eine Benachteiligung erwachsen. Von daher ist es nicht ratsam, den f_{eq}-Faktor als konstante Größe festzulegen.

In der vom VDI ausgesetzten Richtlinie VDI 3473 („Emissionsminderung; Tierhaltung; Rinder") ist der f_{eq}-Faktor eine konstante Größe für die unterschiedlichen Haltungsformen in der Tierhaltung. Für M_T = 50 GV erhält man f_{eq} = 0,11, für M_T = 500 GV f_{eq} = 0,38 und für M_T = 2.000 GV f_{eq} = 0,8. Diese Werte weichen bei großem Tierbesatz deutlich von denjenigen ab, wie sie in der VDI-Richtlinie „Emissionsminderung Tierhaltung – Rinder" (VDI 3473/Entwurf) genannt werden (Tab. 1).

Tab. 1: Vergleichswerte für Mindestabstände in m zwischen Tierhaltung und Wohnbebauung (WA-Gebiet). Bei der Richtlinie VDI 3473 ist die Gl.(1) mit $f_{eq} = 0{,}17$ angewendet worden, bei der vorliegenden Arbeit ein variabler Wert für f_{eq}
Comparable values for minimum distances in m between animal farming and dwelling houses (WA-area). In the VDI-guideline 3473 equation (1) is used with $f_{eq} = 0{,}17$, in the present publication with a variable value of f_{eq}

	Tiermasse M_T in GV				
	10	50	100	500	2000
VDI 3473	58,3	100,4	126,9	218,6	349,3
vorliegende Arbeit	37,7	87,0	124,5	286,9	588,6

4 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse sprechen in der Rinderhaltung für einen Geruchsäquivalenzfaktor, der von der Tiermasse abhängig ist.

5 Literatur

BREHME, G. (2000): Quantifizierung des Luftvolumenstromes in frei gelüfteten Rinderställen mit Hilfe der Kompartimentalisierungsmethode zur Bestimmung umweltrelevanter Emissionsmassenströme. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen

KRAUSE, K.-H. (1988): Behandlung von Transport und Ausbreitung gasförmiger luftfremder Stoffe in der Umgebung von Tierhaltungen. Landtechnik 38 (2000), H. 1, S. 1-9

MÜLLER, H.-J.; B. MÖLLER UND M. GLÄSER (2000): The determination of air exchange rate in naturally ventilated cattle barns. ROOMVENT 2000, Reading, UK, 9.-12. Juli, Proceedings, Volume 1, S. 505-510

Research results at emission and immission of odour from cattle houses

KRAUSE, KARL-HEINZ[1], EWALD GRIMM[2], HANS-JOACHIM MÜLLER[3] UND GUNNAR BREHME[3]

[1] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig
[2] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt
[3] Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

With relation to the minimum distance curve between pig and dwelling houses that is based on an power function with exponent 1/3 the odor equivalence factor for cattle is not constant and depends on the animal mass.

Dynamik der Geruchsemission aus einem Schweinemaststall

BROSE, GREGOR; EBERHARD HARTUNG UND THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart

1 Einleitung und Zielsetzung

Gerüche von landwirtschaftlichen Tierhaltungsanlagen führen häufig zu Belästigungen von Anwohnern. Zur Beurteilung des Mindestabstandes zwischen geruchsemittierenden Stallanlagen und der umliegenden Nachbarschaft sind zunehmend Sonderbeurteilungen notwendig, in denen verschiedene Ausbreitungsmodelle Anwendung finden. Wesentlicher Eingabeparameter in diese Modelle ist die Geruchsemission aus dem Stall, über die im Einzelfall jedoch keine bzw. nur punktuelle Informationen vorhanden sind. MARTINEC ET AL. (1998a) fanden in einer Literaturstudie zu Geruchsemissionen aus der Tierhaltung heraus, das die diesbezügliche Datenbasis sehr unbefriedigend ist. Insbesondere liegen keine Kenntnisse über kurzzeitige, tageszeitliche sowie jahreszeitliche Schwankungen der Geruchsemission vor.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es deshalb, die zeitliche Dynamik der Geruchsemission aus einem Schweinemaststall zu erfassen. Dies geschieht durch eine große Anzahl regelmäßiger Geruchsproben mit Hilfe der Olfaktometrie. Zusätzlich soll in einem ersten Versuch ein neuartiger elektronischer Geruchssensor zur Messung der Geruchskonzentration eingesetzt werden, womit eine höhere zeitliche Auflösung als mit der Olfaktometrie möglich ist.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden in einem Vollspaltenabteil eines Versuchsstalls für Mastschweine der Universität Hohenheim durchgeführt. Die Zwangslüftung besteht aus einer Unterflurabsaugung und Porenkanälen für die Zuluft, die zentral über die Buchtenreihen angebracht sind. Das Abteil ist in sechs Buchten mit je neun Mastschweinen unterteilt (Abb. 1).

Die Geruchsproben für die Olfaktometrie wurden aus dem Abluftschacht in ca. 8 Liter fassende Nalophan-Beuteln entnommen. Die Geruchskonzentration wurde innerhalb von 8 Stunden nach der Probenahme am Olfaktometer TO7 (ECOMA 2000) bestimmt, das in Übereinstimmung mit dem CEN-Normentwurf für die Olfaktometrie prEN 13 725 (CEN 1999) arbeitet. Die Probandenauswahl erfolgte ebenfalls nach CEN-Norm mit n-Butanol.

Beim eingesetzten elektronischen Geruchssensor handelt es sich um das Gerät PEN 2 mit einem Sensorarray von zehn Metalloxidsensoren (AIRSENSE 2000). Eine interne Pumpe saugt Probenluft von derselben Probenahmestelle an wie für die Olfaktometrie. Probenluft wird durch einen Teflonfilter gefiltert, um eine Schädigung der Sensoren zu vermeiden. Zum regelmäßigen Spülen des Sensorarrays wird mit Aktivkohle gereinigte Umgebungsluft verwendet. Ein integriertes automatisches Verdünnungssystem sorgt dafür, dass die chemische Beladung der Sensoren gering gehalten wird und somit die Erholungszeit der Sensoren beim Spülen mit Referenzluft klein bleibt. In dieser Untersuchung wurde eine Messzeit von einer Minute und eine Spülzeit von vier Minuten gewählt. Die automatische Verdünnung wurde aktiviert, wenn der Sensor 8 einen auf das Referenzgassignal genormtes Signal von 3 erreichte. Diese Einstellungen stellten eine ausreichende Spülzeit zur Erholung der Sensoren sicher.

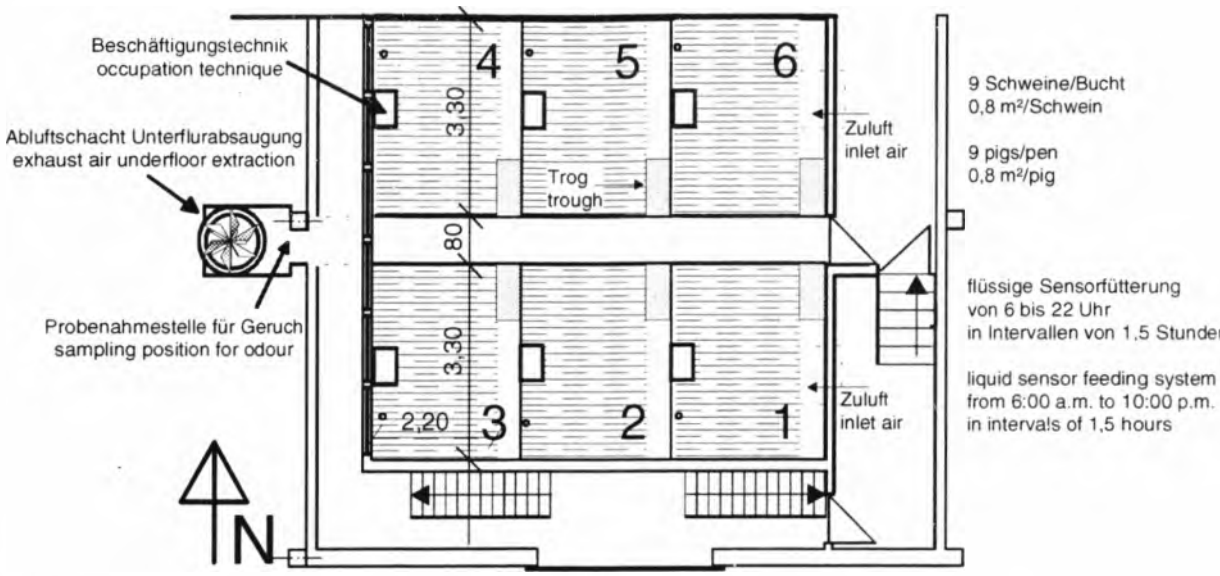


Abb. 1: Grundriss des untersuchten Mastschweineabteils
Floor plan of the compartment for fattening pigs under investigation

Zur Feststellung der Bedingungen im Stall wurden die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte, die Staubkonzentration (alle Sensoren befanden sich zwischen Bucht 1 und 2 ca. ein Meter über dem Spaltenboden), die Tieraktivität in den Buchten 2 und 6 sowie der Abluftvolumenstrom kontinuierlich erfasst. Die Staubkonzentration wurde mit „Dust Track™" Aerosol-Monitoren (GALLMANN ET AL. 2000), die Tieraktivität wurde mit passiven Infrarot-Sensoren (PEDERSEN UND PEDERSEN 1995) gemessen und der Abluftvolumenstrom wurde mit einem in den Abluftschacht eingebauten und kalibrierten Messventilator erfasst. Darüber hinaus wurden das Tiergewicht sowie die Futter- und Flüssigmistparameter regelmäßig bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Folgende dynamische Einflüsse auf die Geruchsemission wurden untersucht:

1. Verlauf der Geruchsemission über die Mastperiode durch zwei Geruchproben pro Woche (je eine Probe morgens und mittags am gleichen Tag zwischen den Fütterungszeiten)
2. Einfluss der Fütterung auf die Geruchsemission
3. Tägliche Schwankungen der Geruchskonzentrationen im Vergleich der Messungen mit der Olfaktometrie und einem elektronischen Geruchssensor.

3.1 Verlauf über die Mastperiode

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Geruchsdaten über die untersuchte Mastperiode. Die angegebenen Werte wurden aus zwei verschiedenen Geruchsproben gemittelt, die am Morgen bzw. am Mittag desselben Tages genommen wurden. Die Geruchsemissionen sind zusätzlich auch als Einzelwerte dargestellt. Der Abluftvolumenstrom betrug zwischen 2600 und 5400 m³/h bei einer abnehmenden Tendenz entsprechend einer sinkenden Außentemperatur. Geruchskonzentration und -emission nehmen tendenziell über die Mastperiode zu, zeitweise um einen Faktor 3 bis 4. Die Zunahme der Geruchsemission ist geringer als die der Geruchskonzentration aufgrund des abnehmenden Abluftvolumenstroms. Die Einzelwerte der Geruchsemission zeigen,

dass an manchen Tagen fast kein Unterschied zwischen den Morgen- und Mittagwerte besteht, die jedoch an anderen Tagen um einen Faktor größer 2 verschieden sein können. Der auf das aktuelle Tiergewicht im Stall - ausgedrückt in Großvieheinheiten (GV), 1 GV entspricht 500 kg Lebendgewicht - bezogene Geruchsemissionsfaktor steigt nur geringfügig, weil das totale Tiergewicht von 1 300 kg zu Mastbeginn auf 5 500 kg zum Mastende zunahm. Dies verdeutlicht bereits die Tatsache, dass in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt die ermittelte Geruchsemission aus dem Mastabteil um den Faktor 3 und höher variieren kann.

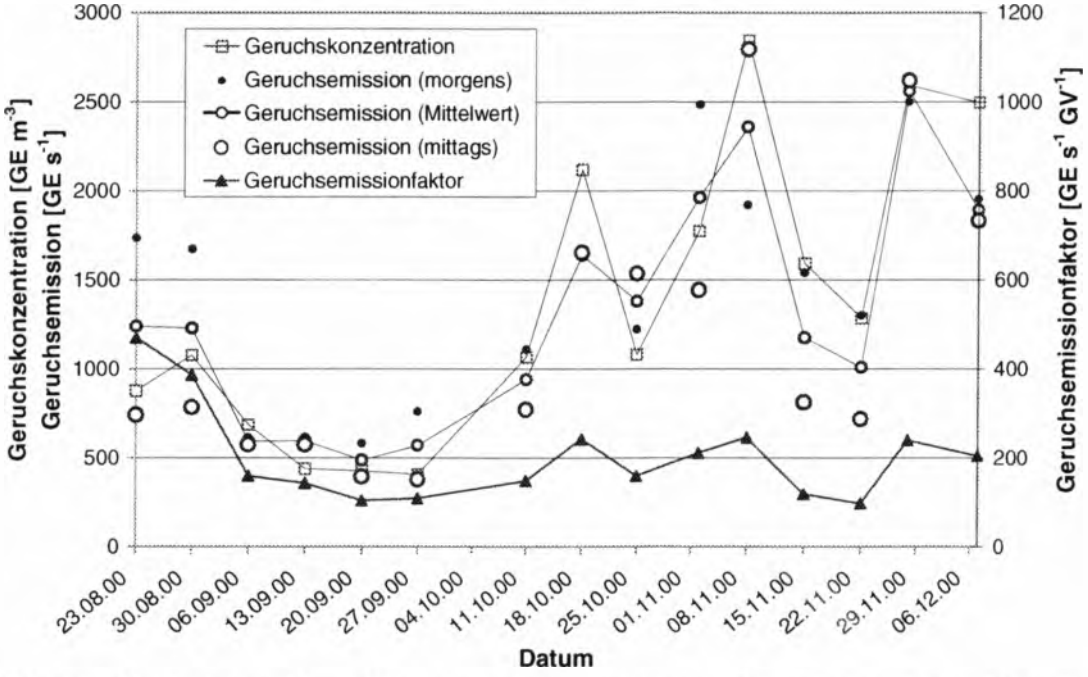


Abb. 2: Verlauf von Geruchkonzentration, -emission und -emissionsfaktor über eine Mastperiode gemittelt aus zwei Einzelproben pro Messtag
Course of odour concentration, odour emission and odour emission factor over a fattening period averaged from two single samples per measuring day

3.2 Einfluss der Fütterung

Während der Fütterung nimmt u.a. die Bewegung der Tiere deutlich zu. Um einen möglichen Einfluss der Fütterung auf die Geruchsemission festzustellen, wurden um die Zeit der Fütterung Geruchsproben alle zwei Minuten genommen. Zusätzlich wurden der Volumenstrom, die Staubkonzentration und die Tieraktivität aufgezeichnet. Diese sind zusammen mit den Geruchsdaten in Abbildung 3 als Minutenmittelwerte dargestellt.

Die Fütterung ist durch ausgeprägte Anstiege der Tieraktivität und der Staubkonzentration im Abteil für etwa zehn Minuten gekennzeichnet. Der Volumenstrom nimmt mit einer leichten Verzögerung ebenfalls vorübergehend zu. Dies ist wahrscheinlich auf die erhöhte Wärmeproduktion der Tiere während der Fütterung zurückzuführen, worauf die temperaturgeregelte Lüftung mit einer Erhöhung des Volumenstroms zur Konstanthaltung der Temperatur reagiert. Die olfaktometrisch bestimmte Geruchskonzentration nimmt zu Beginn der Fütterung leicht zu und fällt dann mit der Zeit ab. Die Geruchsemission zeigt einen ähnlichen aber flacheren Verlauf infolge des zunehmenden Abluftvolumenstroms. Die Geruchskonzentration vor der Fütterung ist vergleichsweise höher als erwartet, was möglicherweise darauf zurückgeführt werden kann, dass die Olfaktometerprobanden auf die ersten Geruchsproben häufig sensibler reagieren als auf die nachfolgenden Geruchsproben.

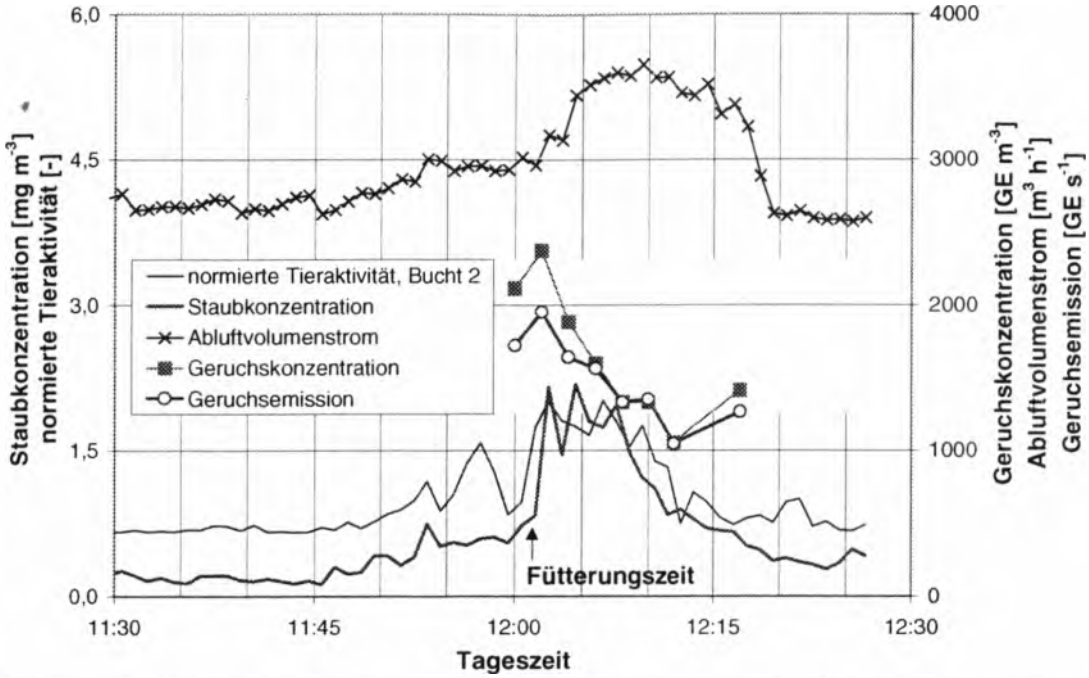


Abb. 3: Verlauf von Geruchkonzentration und -emission, Staubkonzentration, Tieraktivität und Abluftvolumenstrom während einer Fütterungszeit am 9. November 2000
Course of odour concentration, odour emission, dust concentration, animal activity and air flow rate during a feeding time measured on 9th November 2000

3.3 Vergleich von Olfaktometrie und elektronischem Geruchssensor

Abbildung 4 zeigt einen Vergleich der Sensorsignale des elektronischen Geruchssensors mit den olfaktometrisch bestimmten Geruchswerten für einen Vormittag mit zwei Fütterungen. Die Tieraktivität und der Abluftvolumenstrom steigen während und nach der Fütterung an. Die Geruchsemission ist während der Fütterung nahezu doppelt so hoch wie zwischen den Fütterungen. Die Signale der Sensoren 7 und 9 des Geruchssensors steigen zur selben Zeit deutlich an. Diese Sensoren wurde insbesondere deshalb zur Darstellung ausgewählt, weil sie die höchste Sensibilität gegenüber Schweinegeruch zeigten. Dies verdeutlicht den engen Zusammenhang zwischen den Sensorsignalen des Geruchssensors und den Geruchskonzentrationen in der Abluft. Eine Möglichkeit, die Geruchskonzentrationen direkt mit dem elektronischen Geruchssensor zu messen, ist, diese mit den olfaktometrisch bestimmten Geruchskonzentrationen zu kalibrieren. Hierfür werden in der nächsten Zeit weitere Geruchsproben genommen.

Für zukünftige Untersuchungen mit elektronischen Geruchssensoren sind insbesondere folgende methodische Fragen zu klären:

1. Sind sowohl die kontinuierliche Online-Messung als auch die semikontinuierliche Messung mit periodischer Referenzgasspülung zur Untersuchung von Geruchskonzentrationen und ihrer Dynamik geeignet?
2. Wie muss die Umgebungsluft als Referenzgas aufbereitet werden oder ist generell ein synthetisches Nullgas zu verwenden?
3. Besteht ein direkter Einfluss von Staub auf die Sensibilität der Geruchsprobanden bzw. auf die analysierten Geruchskonzentrationen?
4. Gibt es noch weitere Einflussfaktoren auf die Geruchsfreisetzung wie z.B. bestimmtes Tierverhalten (Harnen) oder unterschiedliche Luftströmungen?
5. Im Hinblick auf die Vergleichbarkeit von Messungen sind die besten Parameter für eine automatische Verdünnung und eine ausreichende Spül- und Messzeit zu bestimmen.

Diese und weitere Fragestellungen müssen untersucht und diskutiert werden, um ein standardisiertes Messprotokoll für Messungen mit elektronischen Geruchssensoren zu erstellen.

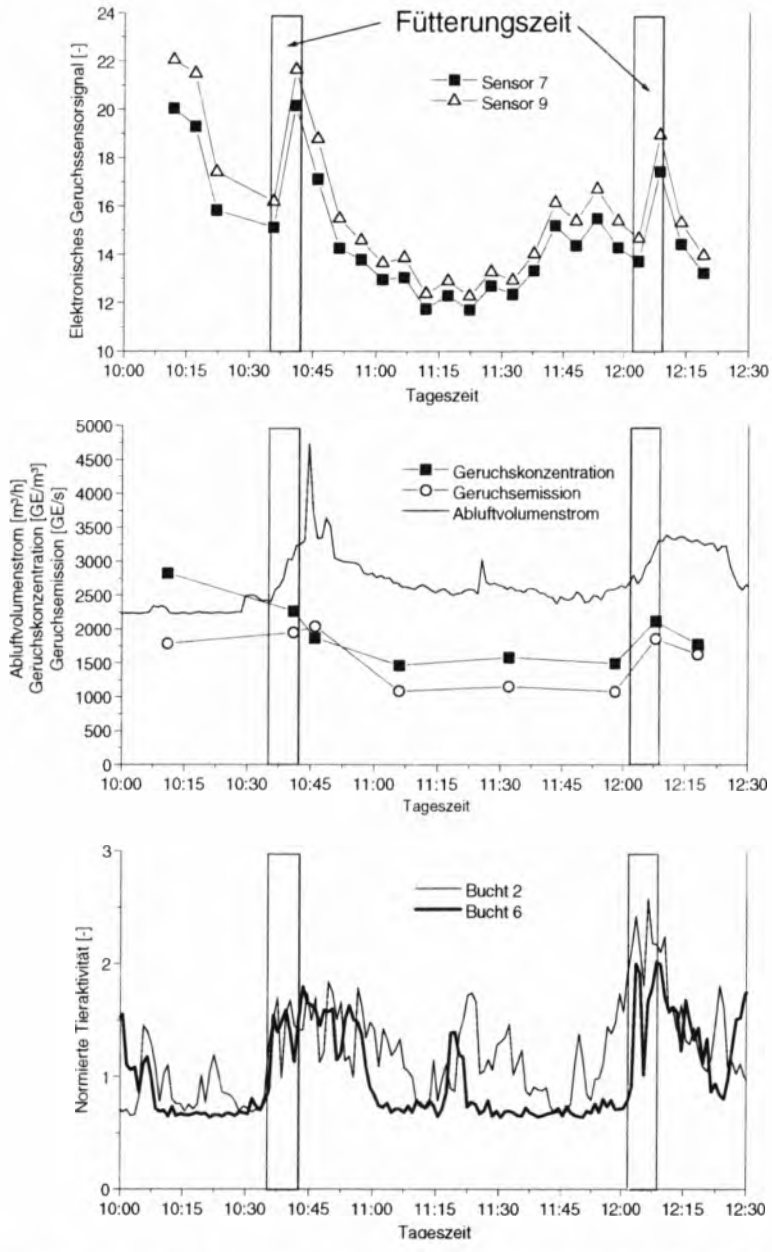


Abb. 4: Verlauf von elektronischen Geruchssensorsignalen, Geruchskonzentration, Geruchsemission, Abluftvolumenstrom und Tieraktivität am 10. November 2000
Course of electronic odour sensor signals, odour concentration, odour emission, air flow rate and animal activity measured on 10th November 2000

4 Zusammenfassung

Die Höhe der Geruchsemission von Schweineställen zeigt hohe Schwankungen über die Mastperiode als auch während eines Tages. In der vorliegenden Untersuchung stieg die Geruchsemission über die Mastperiode um einen Faktor bis über 3 an. Während der Fütterungszeiten wurde neben einem signifikanten Anstieg der Tieraktivität, der Staubkonzentration und des Abluftvolumenstroms ein deutlicher Anstieg der Geruchskonzentration und -emission festgestellt. Erste Messungen mit einem elektronischen Geruchssensor zeigten ebenfalls

erhöhte Sensorsignale während der Fütterung. Dies macht das Potential von elektronischen Geruchssensoren zur Analyse der Dynamik von Geruchskonzentrationen deutlich. Weitere Untersuchungen sind notwendig, die zur Beantwortung prinzipieller methodischer Fragen und zur Entwicklung eines standardisierten Messprotokolls dienen. Im Gegensatz zur kostenintensiven Olfaktometrie mit erheblichem methodischen Fehler liegen die Vorteile eines elektronischen Geruchssensors in der genauen und wiederholbaren Messung mit hoher zeitlicher Auflösung.

5 Literatur

AIRSENSE (2000): http://www.airsense.com

BROSE, G. (2000): Emission von klimarelevanten Gasen, Ammoniak und Geruch aus einem Milchviehstall mit Schwerkraftlüftung. Dissertation, Universität Hohenheim, VDI-MEG Schrift 362

CEN (1999): Draft prEN 13725 „Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry". European Committee for standardization, Brüssel

ECOMA (2000). http://www.ecoma.de

GALLMANN, E., E. HARTUNG AND T. JUNGBLUTH (2000): Diurnal and seasonal course of dust concentration in different ventilated pig houses. Proceedings, 2nd International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, 9.-11. Oktober 2000, Des Moines, Iowa, ASAE Publication 701P0003, St. Joseph, pp. 313-320

MARTINEC, M., E. HARTUNG UND T. JUNGBLUTH (1998a): Daten zu Geruchsemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Arbeitspapier 260, ISBN 3-7843-1998-2

MARTINEC, M., G. BROSE AND E. HARTUNG (1998b): Course of the day of odour release from livestock buildings and odour reduction with biofilters. Proceedings, International Conference on Agricultural Engineering, AgEng Oslo 1998, paper-No. 98-E-037

PEDERSEN S. AND C.B. PEDERSEN (1995): Animal Activity Measured by Infrared Detectors. J. agric. Engng Res. 61, pp. 239-246

Dynamics of odour emissions from a pig farm

BROSE, GREGOR; EBERHARD HARTUNG AND THOMAS JUNGBLUTH

Institute of Agricultural Engineering, University of Hohenheim (440), 70593 Stuttgart, Germany

The dynamic of odour emissions from a pig house was investigated by olfactometry and using an electronic odour sensor. In addition, several suggested influencing factors on the odour emission were measured to get insight into the reasons for the fluctuation of the odour emission. Odour emission tended to increase over the fattening period from August to November 2000 by a factor of 2 to 3, although temperature and air flow rate decreased according to the seasons. Feeding caused a significant temporary rise in animal activity, dust and odour concentration resulting in an increase of odour emission. The sensor signals of an electronic odour sensor increased simultaneously and showed a good relation to the odour concentration. There is a promising potential of electronic odour sensors to detect the dynamic and the level of odour concentrations. Further investigation will be done, to ensure a standardized measuring protocol and to obtain a calibration of electronic odour sensor signals directly to odour concentrations.

Bewertung von Geruchsemissionen in der Nutztierhaltung mittels Chemosensorarray-Technik

MAIER, BARBARA; GISBERT RIEß, HANS-DIETER ZEISIG, ANDREAS GRONAUER UND HANS SCHÖN

Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttingerstr. 36, 85354 Freising

1 Einleitung

Im Umfeld landwirtschaftlicher Betriebe tritt, aus den unterschiedlichsten Gründen, in zunehmendem Maße das Problem einer Geruchsbelästigung der Anwohner auf. Eine Bewertung dieser Belästigung ist bisher nur mit Hilfe der menschlichen Nase möglich. Da diese olfaktometrische Methode viele Defizite wie mangelnde Reproduzierbarkeit, Subjektivität, hohe Personalkosten oder auch die Abhängigkeit von der Tagesform der Probanden beinhaltet, wird ein System entwickelt mit dem Geruch mit einem Gerät gemessen werden kann.

2 Stand der Technik

Bisher werden verschiedene Methoden für Geruchsmessungen verwendet (Tab.1). Die Olfaktometrie erfasst einerseits die Geruchsstoffkonzentrationen, andererseits wird mit der menschlichen Nase eine hedonische Bewertung der Gerüche durchgeführt, d.h. inwieweit ein Geruch als angenehm oder unangenehm empfunden wird, kann nur durch die menschliche Nase bestimmt werden. Bei der Gaschromatographie-Massenspektroskopie (GC-MS) findet eine Auftrennung des Geruchs in die einzelnen Stoffe statt. Das Chemosensor-Array, erfasst ähnlich wie die Olfaktometrie alle Stoffe gleichzeitig.

Tab. 1: Für Geruchsmessungen verwendete Methoden
Used methods for odour detection

Methoden	Verwendung
Olfaktometrie	Erfassung des Geruchs und hedonische Bewertung
Gaschromatographie-Massenspektroskopie	Identifikation von Einzelsubstanzen
Chemosensor-Arrays	Charakteristisches Sensormuster

3 Aufbau und Auswertung

Der wesentliche Teil des verwendeten Chemosensor-Arrays besteht aus 3 Sensorkammern mit je 6 Metalloxidsensoren, einem Temperaturfühler und einem Feuchtigkeitssensor. Um den Volumenstrom durch diese Sensorkammern genau zu regeln, sind ein Massenflussregler und eine Pumpe den Kammern nachgeschaltet. Dies gewährleistet zum einen die genaue Dosierung der Probe und zum anderen die Reproduzierbarkeit der Messungen. Ein vorgeschaltetes Ventil regelt, ob eine Probe aufgegeben wird oder die Sensoren mit Reinluft gespült werden (Abb. 1).

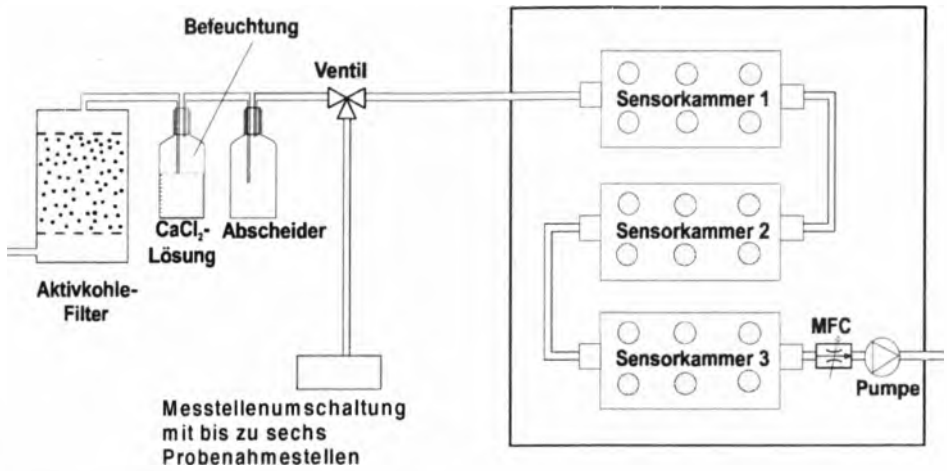


Abb. 1: Aufbau des Chemosensor-Arrays
Structure of the chemosensor array

An der Oberfläche liegt die selektive Schicht, die mit dem Probegas in Wechselwirkung tritt. Diese Schicht wird durch Dotierung mittels Fremdatomen des Halbleitermaterials aufgebaut. Der untere Teil wird nur aus dem reinem Halbleitermaterial gebildet (Abb. 2).

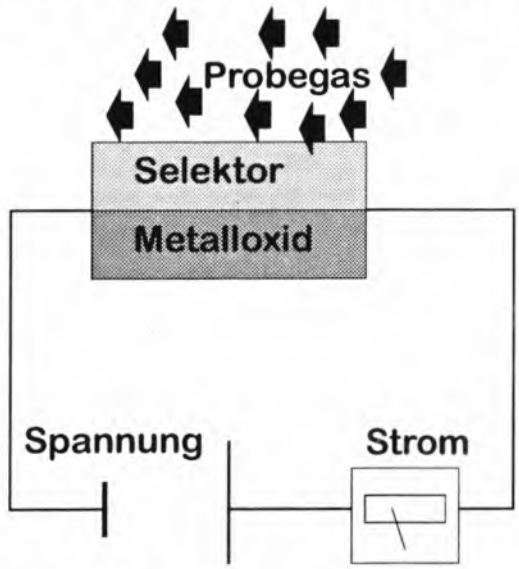


Abb. 2: Wirkungsprinzip eines MOS-Sensor
Principle of the MOS sensor

Die Oberfläche des Sensors belädt sich mit Sauerstoff aus dem Trägergas. Durch Bildung von negativ geladenen Sauerstoffmolekülen werden Elektronen aus dem Leitungsband des Halbleiters entzogen. Dadurch ändert sich dessen Widerstand (steady state value).

Wird eine Probe, die reduzierende Substanzen enthält, über die Sensoren geleitet, reagieren diese mit dem chemosorbierten Sauerstoff unter Rückgabe von Elektronen an das Leitungsband des Halbleiters. Dadurch ändert sich dessen Widerstand. Diese resultierende Widerstandsänderung wird als Messsignal registriert.

Um den großen Vorteil des verwendeten Systems, das die Möglichkeit zu zeitgleichen Systemvergleichen bietet, optimal zu nutzen, wurde die Auswertung auf quantitative Aussagen optimiert. Die kontinuierlichen Sensormessungen wurden mit olfaktometrischen Messungen

korelliert. Zur Absicherung dieser quantitativen Zusammenhänge wurden zunächst die beiden Messverfahren auf ihre jeweilige Linearität hin untersucht. Das trainierte Probandenkollektiv wurde mit Stallluft, die in unterschiedlichen Verdünnungsstufen angeboten wurde, überprüft. Die Ergebnisse sind in einem Soll-Ist Vergleich in der folgenden Abbildung 3 dargestellt.

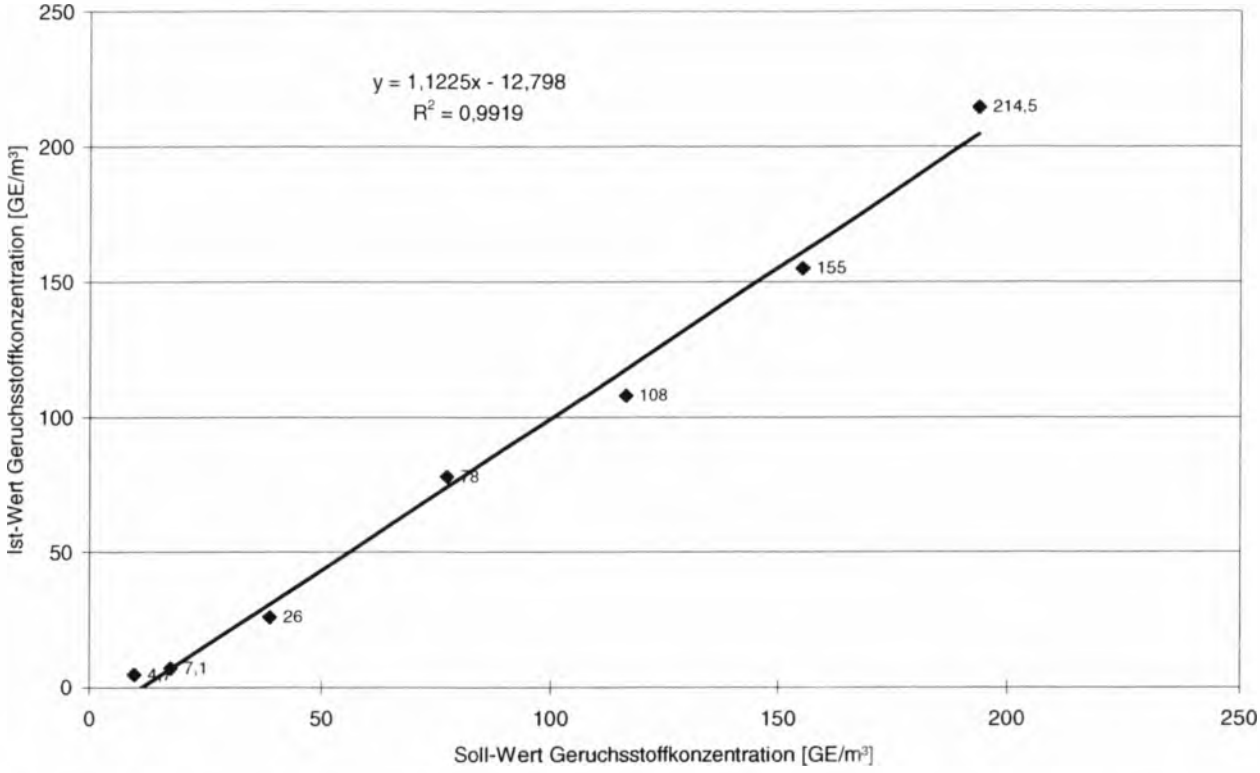


Abb. 3: Linearitätsüberprüfung der Olfaktometriegruppe mittels Verdünnungsstufen von Stallluft
Linearity test of the olfactometric panel using dilutions of stable air

Hier wird die Linearität der Geruchsstoffkonzentrationsmessung mit dem verwendeten Probandenkollektiv verdeutlicht.

Des weiteren wurde versucht, die Auswertung der Sensordaten so zu gestalten, dass auch hier ein proportionaler oder sogar linearer Zusammenhang zwischen den Sensorwerten und der Konzentration der Stallluft zustande kommt. Die bereits in (RIEß ET AL. 2000, PERSAUD ET AL. 1996) verwendete Methode des Sensorsummensignals wurde ebenfalls mittels Verdünnungsstufen von Stallluft auf ihre Linearität hin überprüft. Die Eignung dieser Methode konnte auf diese Weise nachgewiesen werden.

In einem weiteren Schritt wurden nun die beiden Datensätze in einer Kalibration zusammengeführt. Bei dieser Kalibration muss berücksichtigt werden, dass Schwankungen in der Zusammensetzung der Stallluft von den beiden Systemen unterschiedlich bewertet werden. Deshalb muss die Kalibration immer mit aktuellen Proben durchgeführt werden. Das bedeutet, dass bei jedem Systemvergleich mittels Chemosensorarray zwar die relativen Geruchsstoffkonzentrationsschwankungen erfasst werden können, aber um den absoluten Wert der Geruchsstoffkonzentration zu ermitteln, auf die Olfaktometrie zurückgegriffen werden muss.

4 Anwendungsbeispiel: Versuchsbetrieb

Systemvergleiche in der Schweinemast auf mehreren Betrieben sind wegen multifaktorieller Beeinflussungen schwer möglich. Daher wurde auf einem Praxisbetrieb ein neuer Außenklimastall mit Ruhekisten und Teilspaltenboden auf Flüssigmistbasis für 600 Mastschweine errichtet. Auf dem Versuchsbetrieb mit insgesamt 1 000 Mastschweineplätzen können in drei getrennten Hauptversuchseinheiten ein konventioneller Warmstall mit Spaltenboden (kW), 52 Tiere, ein Außenklimastall mit Ruhekisten und Teilspaltenboden (AKt) und ein Außenklimastall mit Ruhekisten und eingestreutem Kotplatz (AKe), jeweils 64 Tiere, direkt miteinander verglichen werden.

Im August 1999 wurden olfaktometrische Messungen und ein kontinuierliches Monitoring mittels Chemo-Sensorarray, wie bereits in (MAIER ET AL. 2001) beschrieben, durchgeführt.

Die Sensormessungen erfolgten an drei Messstellen innerhalb der unterschiedlichen Stallsysteme, indem einmal pro Stunde alle drei Messstellen beprobt wurden. Diese Sensormessungen wurden anhand der olfaktometrischen Geruchsstoffkonzentrationen wie in Abbildung 4Abb. 4 dargestellt kalibriert.

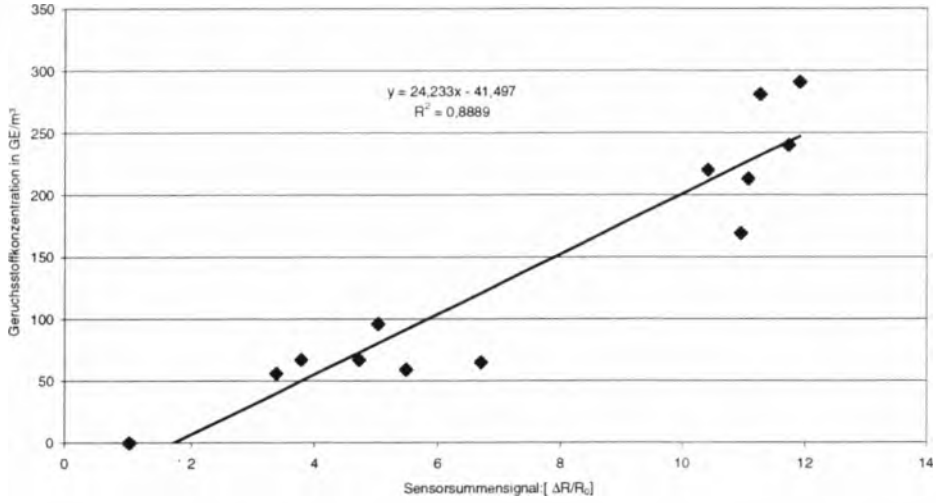


Abb. 4: Zusammenhang zwischen dem Sensorsummensignal und den olfaktometrisch ermittelten Geruchstoffkonzentrationen
Correlation between the sum of the sensor signals and the olfactometric odour concentration

Mittels der in Abbildung 4 dargestellten Regression wird die Geruchsstoffkonzentration in den unterschiedlichen Haltungssystemen kontinuierlich im Beobachtungszeitraum dokumentiert. Dieses Monitoring ist in Abbildung 5 dargestellt.

Die kontinuierliche Messung zeigt durchgängig höhere Geruchsstoffkonzentrationen im Warmstall als in den beiden Außenklimastall-Abteilen. Auch zeigt sich, dass die Variabilität der Konzentrationen im Bereich der Außenklima-Versuchsabteile größer ist als beim Warmstall.

Die Aufnahme einer solchen zeitlichen Dynamik ist mittels der bisherigen diskontinuierlichen Methode der Olfaktometrie nicht möglich. Mit dieser neu entwickelten Methode können Haltungssysteme bezüglich der Geruchsstoffkonzentrationen über einen längeren Zeitraum kontinuierlich verglichen werden.

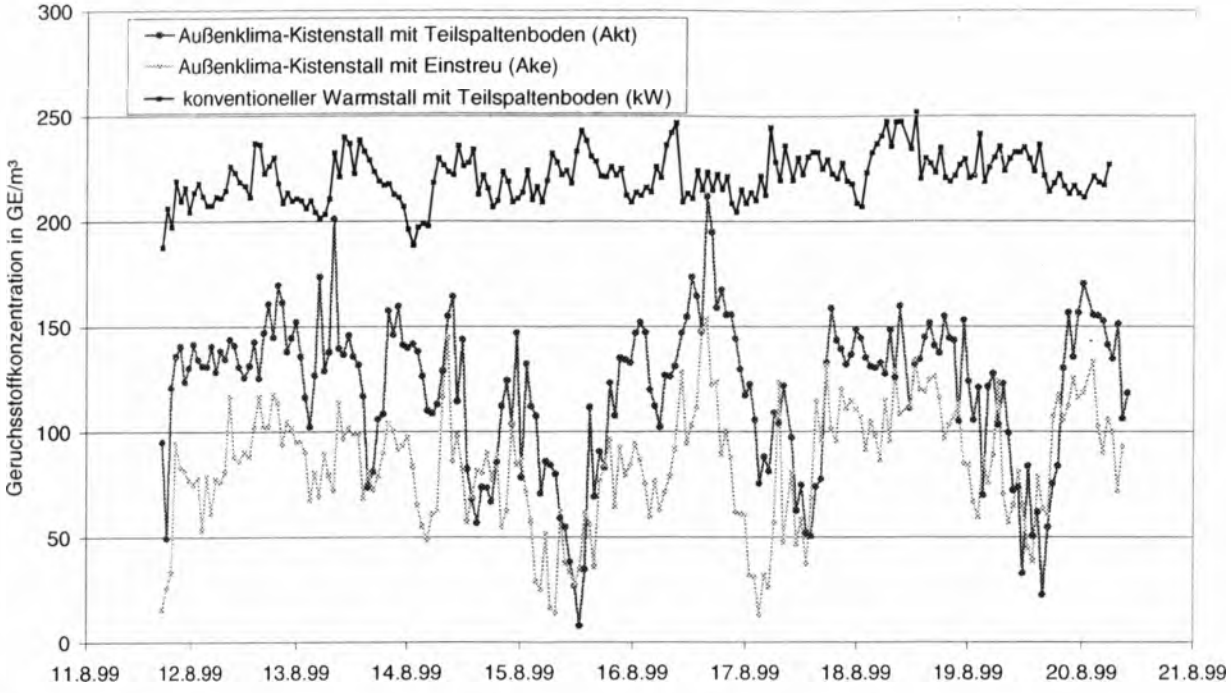


Abb. 5: Geruchsmonitoring mittels olfaktometrisch kalibriertem Chemosensor-Array
Odour monitoring using a olfactometric calibrated chemosensor array

5 Literatur

MAIER, B., B. RATHMER, G. RIESS, H.-D. ZEISIG UND A. GRONAUER (2001): Messung von Geruchsemissionen mittels Olfaktometrie und Chemo-Sensorarrays zum Vergleich von Haltungssystemen in der Schweinemast. Agrartechnische Forschung im Druck

PERSAUD, K.C., S.M. KHAFFAT, P.J. HOBBS UND R.W. SNEATH: Chemical Sense 21 (1996), S. 495-505

RIEß; G.; B. MAIER, A. GRONAUER UND H. SCHÖN (2000): Development of a system for the continuous detection of the odour emissions from agriculture. AgEng, Warwick 2000, 00-AP-021

Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen für die Unterstützung im Rahmen des Projekts „Analysesystem zur objektiven Geruchsbestimmung".

Evluation of odour emissions from livestock farming using chemo sensorarray techniques

MAIER, BARBARA; GISBERT RIEß, HANS-DIETER ZEISIG, ANDREAS GRONAUER AND HANS SCHÖN

Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttingerstr. 36, 85354 Freising, Germany

Odour emissions of agricultural were rarely recorded, because there is no continuous measurement method available. To measure these emissions normally the human nose is use. But this non continous method contains a lot of disadvantages as a lack of objectivity, high wage costs and a lot of time spent on olfactometry.

A new method based an chemosensor array technique in combination with the olfactometry is able to record odour emissions continuously and improves the existing techniques.

This is a practicable procedure for odour monitoring of complex gas mixtures. The use of chemosensor array techniques outside the laboratory was managed successful. A new approach was made to environmental monitoring with regards to volatile components or even odour monitoring.

The data of the 18-dimensional sensor measurements were reduced by adding up all sensor values. This sensor sum signal was then linearly correlated with the olfactometric measurements. This opened up the possibility of observing the daily course of odour in small time intervals and also provided the chance to monitor odours continuously over a period of several weeks. The big advantage over olfactometry resides in objectivity, i.e. independence of the daily condition of the test persons. This is mainly achieved by employing a well-trained organoleptic panel for the few olfactometric measurements which are necessary for the calibration of the chemosensor array. Such monitoring can also register nuisance outside the usual working hours.

In the example by contionus comparison of different housing systems for fattening pigs it could be shown that the odour concentration especially in the outdoor compartments fluctuates strongly. This strong fluctuation could be recorded continous by the chemosensor array. The housing system outdoor climate with straw has the lowest odour concentration followed by the other outdoor housing system and the heat insulated housing system.

Gasförmige Emissionen aus Rinderhaltungen

MÜLLER, HANS-JOACHIM, MANFRED GLÄSER, BERND MÖLLER UND ULRICH STOLLBERG

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

1 Einleitung

Die notwendige Lüftung von Rindviehställen führt zur Emission von Gerüchen, Gasen und anderen luftgetragenen Bestandteilen. Während Gerüche in der Umgebung von Tierhaltungen zu Belästigungen führen können, werden durch andere Emissionen Schädigungen in der Umwelt (beispielsweise durch Ammoniak) oder die Verstärkung des Treibhauseffekts (durch Methan und Lachgas) hervorgerufen. Die Umwelt ist deshalb in angemessener Weise vor solchen negativen Umwelteinwirkungen zu schützen. In Bezug auf Gerüche gibt es in Deutschland Abstandsregelungen für Schweine und Hühner. Diese Richtlinien (VDI-Richtlinie 3471 „Emissionsminderung Tierhaltung - Schweine" bzw. 3472 „Emissionsminderung Tierhaltung - Hühner") enthalten neben Hinweisen zur Emissionsminderung Forderungen hinsichtlich des zwischen Tierhaltung und Wohnbebauung einzuhaltenden Mindestabstandes. Bei Hühnern sind diese Abstände auch zum Wald einzuhalten. Gegenwärtig werden die Richtlinien überarbeitet. Zur Bereitstellung von Daten über das Emissions- und Immissionsverhalten von Tierhaltungen wurden und werden zielgerichtete Forschungsarbeiten durchgeführt. Im Rahmen eines durch das Bundesministerium für Landwirtschaft und Forsten (BML) geförderten Projekts wurden zwischen 1996 und 1998 31 Rinderställe in den verschiedensten Regionen der Bundesrepublik Deutschland in Zusammenarbeit zwischen dem Kuratorium für Bau und Technik in der Landwirtschaft (KTBL), der Bundesanstalt für Landwirtschaft (FAL) Institut für Biosystemtechnik und dem Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) untersucht, um für die Rinderhaltung zu gesicherten Mindestabständen zwischen Stall und Wohnbebauung zu gelangen. Da parallel zu den Untersuchungen der Gerüche auch die Konzentrationen von Ammoniak, Lachgas und Methan gemessen wurden können Aussagen zu den Emissionsmassenströmen dieser Gase gemacht werden. Zwar gibt es bisher keine Emissionsgrenzwerte für diese Gase für den Bereich Landwirtschaft, doch werden beispielsweise im Hinblick auf Ammoniakemissionen immer häufiger Auflagen erteilt. Dabei ist festzustellen, dass oft keine Aussagen zu den Emissionsmassenströmen gemacht werden können, weil solide Messergebnisse fehlen oder nur in unzureichendem Umfang zur Verfügung stehen. Mit der Auswertung und Zusammenstellung der Emissionsdaten für die Rinderställe soll ein Beitrag zur Schließung der diesbezüglich zu verzeichnenden Lücken geleistet werden. Auf der Grundlage derartiger Werte wird man über die Geruchsproblematik hinaus zu einer umfassenderen umweltbezogenen Bewertung von Tierhaltungen kommen können.

2 Auswahl der Rinderställe

Die Auswahl der Rinderanlagen erfolgte unter Regie des KTBL. Es sollte ein möglichst breites Spektrum der gegenwärtig in der Bundesrepublik zur Anwendung kommenden Gebäude formen, Haltungs-, Entmistungs- und Lüftungssysteme sowie die relevanten Bestandsgrößen

berücksichtigt werden. Weiterhin sollten die Untersuchungen bei unterschiedlicher Topografie und Orografie und bei verschiedenen Witterungssituationen erfolgen. Von den 31 untersuchten Anlagen befinden sich allein 7 in Bayern, 6 in Sachsen, 5 in Brandenburg, 3 in Thüringen und Niedersachsen, 2 in Hessen, Sachseh-Anhalt, Schleswigholstein und eine Anlage in Rheinland-Pfalz. Die Bundesländer Baden-Württemberg, Berlin, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen und Saarland wurden nicht bereist. Hinsichtlich der gewählten Bestandsgrößen ergibt sich folgende Aufschlüsselung (Tab. 1):

Tab. 1: Auswahl der untersuchten Betriebe nach der Bestandsgröße
Selection of investigated livestock farms according to the number of animals

Stallbesatz in GV	Anzahl der ausgewählten Betriebe
bis 99	7
100 bis 199	8
200 bis 299	2
300 bis 399	1
400 bis 499	7
500 bis 999	4
1.000 bis 1.499	0
1.500 bis 2.000	2
Summe	31

3 Messmethode

Der Emissionsmassenstrom $\dot{m}_{Fo}$ ist der Stoffstrom, der mit der Stallfortluft 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).

$$\dot{m}_{Fo} = C_{Fo}\dot{V}_{Fo} \qquad (1)$$

Soll eine Aussage über die im Stall entstehenden Emissionen gemacht werden, ist die Vorbelastung zu berücksichtigen (Gleichung 2):

$$\dot{m}_{Fo-Fr} = (C_{Fo} - C_{Fr})\dot{V}_{Fo} \qquad (2)$$

Die Bestimmung des Emissionsmassenstroms setzt also die Messung des Volumenstromes, der durch den Stall gelangt und die Messung der Konzentration in der Fortluft sowie in der Frischluft voraus. Da aufgrund der komplizierten Strömungsverhältnisse im Stall keine gleichmäßige Verteilung von Konzentrationen, Temperaturen und Geschwindigkeiten vorliegt und ein Stall (sowohl bei Zwangsbelüftung als auch bei freier Lüftung) im allgemeinen eine Vielzahl von Zu- und Abluftöffnungen besitzt, sind die Konzentrations- und Volumenstrommessungen sehr aufwendig und mit Problemen behaftet. Erschwerend kommet das Zeitproblem hinzu, denn die für das oben genannte Forschungsvorhaben vorgesehene Messmethodik ist darauf ausgerichtet, Emissionsmessungen und Immissionserhebungen zeitparallel durchzuführen. Ein Ziel besteht darin, in möglichst kurzer Zeit möglichst viele Ställe durchzumessen. Das erfordert spezielle Messtechniken und Methoden. Da konventionelle

Volumenstrommessungen (z.B. Blendenmessung, Messventilator, Geschwindigkeitsmessung in speziellen Querschnitten) in Praxisanlagen sehr aufwendig sind, wird die Tracergasmesstechnik in zwangsgelüfteten und frei gelüfteten Ställen angewendet. Sie ist in zahlreichen Veröffentlichungen erläutert (z.B. MÜLLER UND MÖLLER 1998). Eine elegante Methode lässt sich bei Verwendung radioaktiver Gase (z.B. Krypton 85) realisieren. Das ATB hat einen Messplatz entwickelt, mit dem an bis zu 40 Messstellen gleichzeitig im Sekundentakt die Konzentration registriert werden kann. Damit können mit Hilfe der „Abklingmethode" auch sehr hohe Luftwechsel (bis zu 1000 h^{-1}) messtechnisch bestimmt werden. Bei geringeren Luftwechseln und kleineren Stallgebäuden wird auch SF_6 als Tracergas eingesetzt. Das Tracergas wird in diesem Fall kontinuierlich zudosiert, da das verwendete Gasanalysegerät (Multigasmonitor) der Firma Brüel und Kjær nur alle zwei Minuten einen Messwert ermitteln kann. Mit diesem Gerät werden auch die Konzentrationen für NH_3, N_2O und CH_4 gemessen. Es steht ein Messstellenumschalter für maximal 12 Messstellen zur Verfügung. Im Fall von 12 angeschlossenen Messstellen beträgt der Abstand zwischen zwei Messwerten für eine Messstelle 30 Minuten.

Die Messkampagne pro Stall dauert im Regelfall nicht länger als 24 Stunden. Die Luftwechselmessungen mit Krypton 85 (Abklingmethode) dauern pro Versuch je nach Luftvolumenstrom 10 Minuten bis eine Stunde. Je Stall werden meist 2 bis 4 Luftwechselmessungen durchgeführt. Mit diesen Kurzzeitmessungen ist die Beurteilung längerer Zeiträume problematisch, da beispielsweise Tagesschwankungen und Haltungszyklen nicht erfasst werden.

4 Ergebnisse

Trotz der Probleme mit den kurzen Messzeiten soll der Versuch einer Interpretation gemacht werden. In Abbildung 1 sind die Ammoniakkonzentrationen in Abhängigkeit vom gemessenen spezifischen Volumenstrom dargestellt.

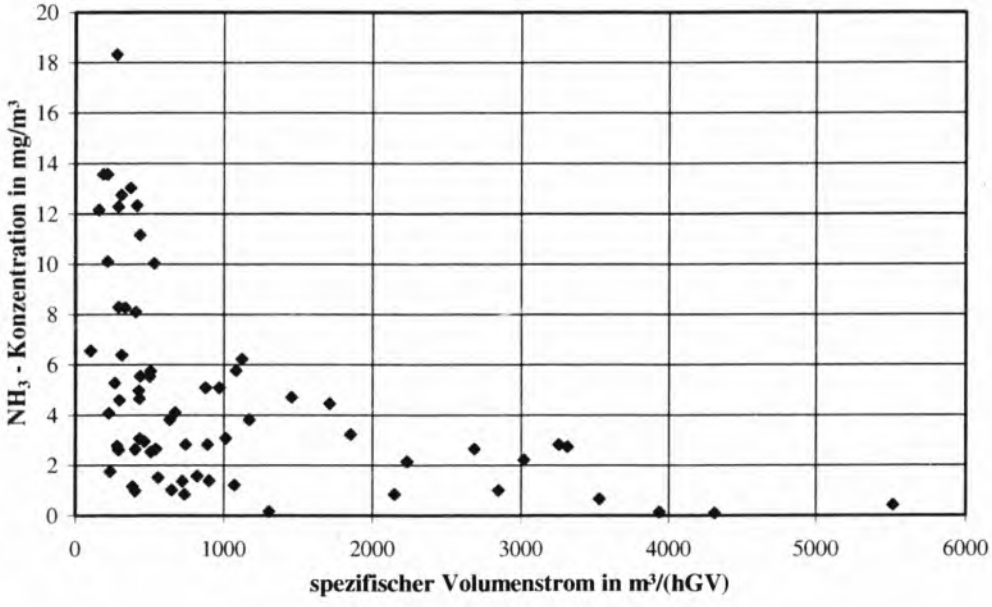


Abb. 1: Ammoniakkonzentration aufgetragen über dem spezifischen Volumenstrom (während der Luftwechselmessung gemessen)
Ammonia concentrations in relation to the specific air volume flow measured during air change measurements

Jeder Punkt ist das Ergebnis einer Mittelwertbildung (zeitlich und örtlich) über den Zeitraum einer Luftwechselmessung (Abklingmethode). Es sind 29 Ställe unabhängig von der Tierbelegung oder anderen Parametern berücksichtigt. Die nach DIN 18 910 (Wärmeschutz geschlossener Ställe) geforderten Sommerluftraten liegen unter 500 m³/(hGV). Dieser Wert wird bei frei gelüfteten Ställen oft weit überschritten. Die großen Öffnungen in der Gebäudehülle führen bereits bei Windgeschwindigkeiten von 4 m/s zu sehr hohen Volumenströmen. Die Ammoniakkonzentrationen nähern sich dann der Aussenluftkonzentration. Die höheren Konzentrationswerte werden bei Ställen mit Schieberentmistung und Schachtlüftung gemessen.

In Abbildung 2 sind die Ammoniakemissionsströme dargestellt. Frühere Untersuchungen zur Enten- und Putenhaltung hatten gezeigt, dass es einen annähernd linearen Zusammenhang zwischen der Ammoniakemission und dem Volumenstrom gibt. Der dort ermittelte Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Emission (Erhöhung des Volumenstroms führt zur Erhöhung des Emissionsstromes) kann bei den untersuchten Rinderställen nicht nachgewiesen werden. Offenbar spielen bei der Rinderhaltung andere Faktoren, wie beispielsweise das Entmistungssystem eine größere Rolle.

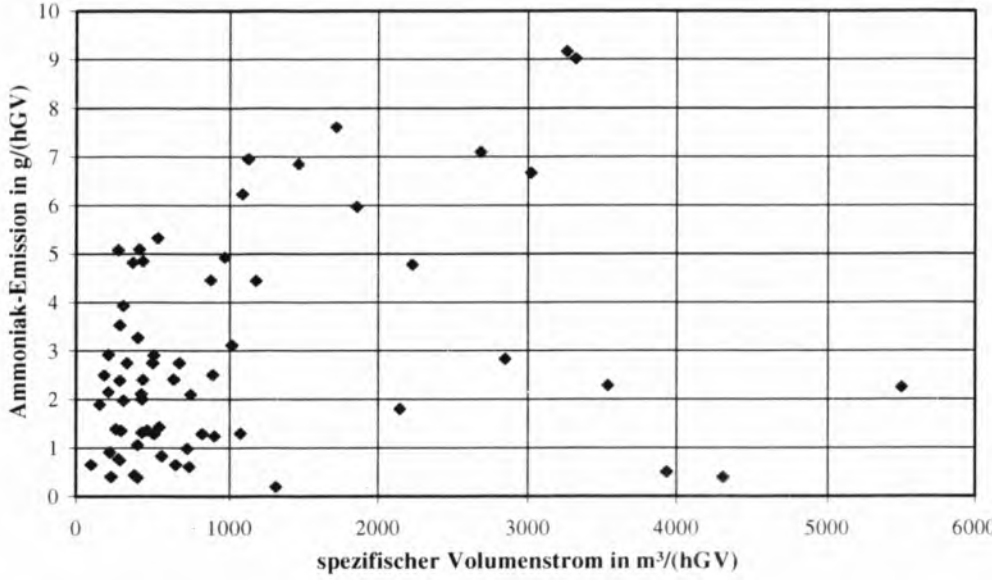


Abb. 2: Einzelmesswerte der Ammoniakemission aufgetragen über dem spezifischen Volumenstrom (während der Luftwechselmessung ermittelt)
Single values of the ammonia emissions in relation to the specific air volume flow measured during air change measurements

In der Literatur sind Werte für die Ammoniakemission zu finden, die von unter 1 g/(hGV) (OLDENBURG 1989) bis zu 3 g/(hGV) (GROOT KOERKAMP ET AL. 1998) reichen. Das sind offenbar Werte, die über längere Zeiträume und unter den unterschiedlichsten Bedingungen als mittlere Emissionswerte ausgewiesen werden. Bei der Durchführung der eigenen Messungen hat sich gezeigt, dass sich Entmistungsvorgänge, Fütterung, Melkzeiten und die Manipulationen bei der Vorbereitung und Durchführung der Messungen auf die Gaskonzentrationen und damit auf die Emissionsströme auswirken. Es ist jedoch eine klare Tendenz zu erkennen, dass bei steigendem Volumenstrom die Emissionen zunehmen. Dabei neigen Ställe mit einer Schleppschaufelentmistung zu höheren Emissionen. Die beiden niedrigen Emissionswerte bei ca. 4 000 m³/(hGV) resultieren daraus, dass bei diesem Tretmiststall (Offenfrontstall) der Entmistungsgang außerhalb des Stalles liegt und die Emissionen aus diesem Bereich mit der angewendeten Messmethode nicht erfasst werden.

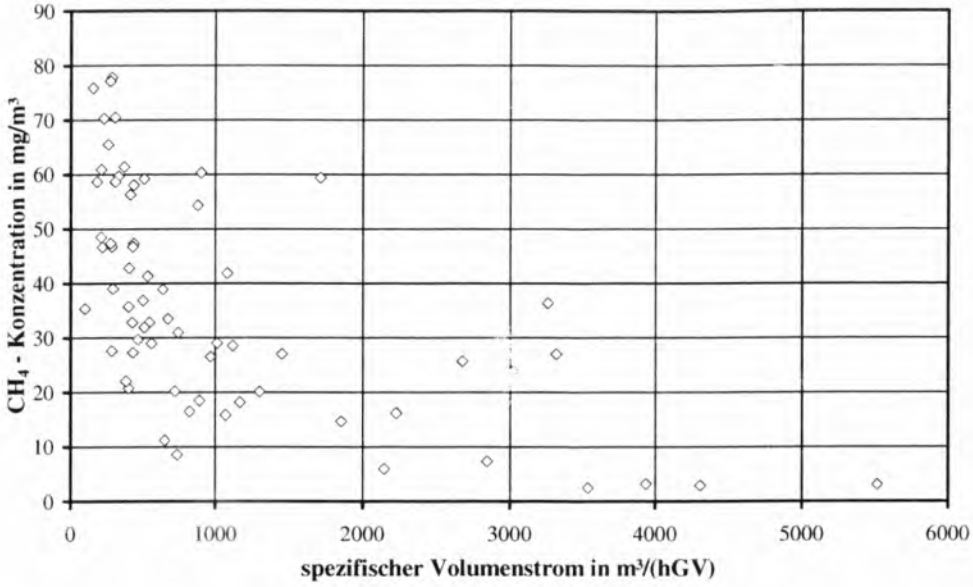


Abb. 3: Methankonzentration aufgetragen über dem spezifischen Volumenstrom (während der Luftwechselmessung gemessen)
Methane concentrations in relation to the specific air volume flow measured during air change measurements

Ähnliche Zusammenhänge wie für Ammoniak ergeben sich für die Methanemission. Die Konzentrationen können wiederum sehr unterschiedliche Werte annehmen. Spitzenwerte von 80 mg/m³ sind keine Seltenheit. Jedoch treten diese Werte nur zeitlich begrenzt auf. Mit steigendem Volumenstrom nehmen zwar die Konzentrationen tendenziell ab, doch die Methanemissionen steigen mit dem Volumenstrom.

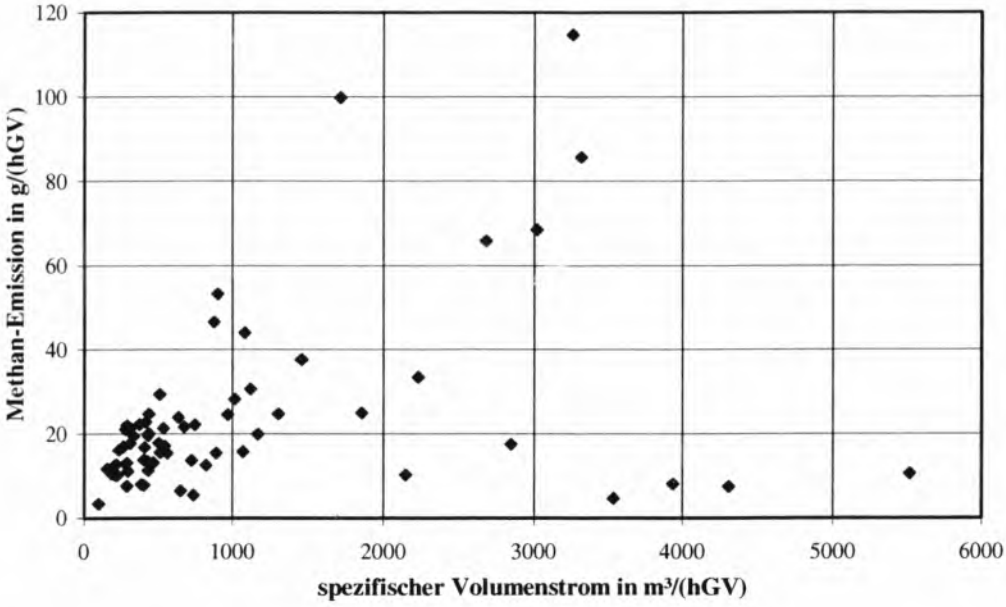


Abb. 4: Einzelmesswerte der Methanemission aufgetragen über dem spezifischen Volumenstrom (während der Luftwechselmessung ermittelt)
Single values of the methane emissions in relation to the specific air volume flow measured during air change measurements

Der Vergleich mit Emissionswerten, die bei BURDICK (1994) zu finden sind, zeigt eine befriedigende Übereinstimmung, wenn man beachtet, dass die hohen Emissionswerte (Abb. 4) nur bei hohen Volumenströmen auftreten und somit zeitlich sehr begrenzt sind. Aus den Angaben von BURDICK (1994) wird ein durchschnittlicher Emissionswert von 21,8 g/(hGV) errechnet.

Hinsichtlich der Emission von Lachgas (N_2O) kann aus den Messungen geschlussfolgert werden, dass diese vernachlässigbar sind, da die gemessenen Konzentrationen fast bei allen untersuchten Ställen im Bereich der Aussenluft liegen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich aus den durchgeführten Messungen Anhaltswerte für die Emission von Ammoniak und Methan für den Bereich der Rinderhaltung ableiten lassen. Für die Bewertung des jährlichen Emissionsstromes beispielsweise je Kuhplatz sind Messungen über längere Zeitabschnitte zu empfehlen. Zur Ermittlung belastbarer Emissionswerte im Sinne von Richtwerten ist die Erfassung von Tages- und Jahresgängen erforderlich. Die Analyse der vorliegenden Messergebnisse hat deutlich gemacht, dass man mit Hilfe derartiger auf kurze Zeitabschnitte begrenzter Emissionsmessungen keine sichere Bewertung von einzelnen Einflussfaktoren wie Entmistungssystem, Lüftungssystem usw. vornehmen kann. Dazu ist die Untersuchung der einzelnen technischen Lösungen in spaziellen Versuchsställen erforderlich.

5 Literatur

BURDICK, B. (1994): Klimaänderung und Landbau. Verlag C.F. Fischer, Heidelberg

GROOT KOERKAMP, P.W.G. ET AL.(1998): Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. Journal of Agricultural Engineering Research 70, 1998, H. 1, S. 79-95

MÜLLER, H.-J. UND B. MÖLLER (1998): The determination of emission streams at different animal houses. AgEng´98, Paper No. 98-E-059

OLDENBURG, J. (1989): Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 333

Gaseous emissions from cattle houses

MÜLLER, HANS-JOACHIM, MANFRED GLÄSER, BERND MÖLLER AND ULRICH STOLLBERG

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

Within the framework of a research project on the emission of odours, ammonia, methane and nitrous oxide emissions are measured as well. The air volume flow is measured by means of the tracer gas method. The relatively short measuring periods - 10 to 60 minutes per air change measurement (using the decay method) - influence the conclusions about emission behaviour over longer time periods. It is shown that very high volume flows occur in naturally ventilated livestock buildings which are bound to cause a large amount of emissions.

Quantifizierung gasförmiger Emissionen aus quer gelüfteten Außenklimaställen für Mastschweine mit Hilfe der Tracergas-Technik* - Ergebnisse

NIEBAUM, ANKE[1] UND HERMAN VAN DEN WEGHE[2]

[1] Anke Niebaum, Horststr. 4, 47228 Duisburg
[2] Georg-August-Universität Göttingen, FOSVWE, Driverstr.22, 49377 Vechta

1 Einleitung

Das Emissionsverhalten und damit ein Teilaspekt der Umweltverträglichkeit frei gelüfteter Stallsysteme ist im Vergleich zu zwangsbelüfteten Ställen bisher kaum untersucht worden. Während die kontinuierliche Erfassung der Konzentrationen der klima- und ökosystem-relevanten Gase Ammoniak, Lachgas, Methan und Kohlendioxid messtechnisch gut durchführbar ist, bereitet die dynamische Ermittlung der aktuellen Luftvolumenströme frei gelüfteter Ställe erhebliche Schwierigkeiten. Die Tracergastechnik hat sich bereits als Ansatz zur Bestimmung von Luftvolumenströmen Trauf-First-gelüfteter Stallgebäude bewährt (SEIPELT 1999). Eine Messkonfiguration zur Berechnung der Luftvolumenströme quer gelüfteter Außenklimaställe für Mastschweine wurde von HOFFMANN ET AL. (1999) bereits ausführlich vorgestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Tracergas-Untersuchungen aus zwei ausgewählten Praxisbetrieben dargestellt und diskutiert.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsställe

Die Messungen wurden in den Monaten Mai bis Dezember 1998 an je einem Tag in der Woche für max. 24 h in den Versuchsställen 1 (VSI) und 2 (VSII) im Praxismaßstab durchgeführt. Beide Ställe folgen dem baulichen Konzept der strohlosen Außenklimaställe nach dem Nürtinger-System. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über versuchsrelevante Daten und Merkmale der beiden Versuchsställe und -betriebe.

2.2 Messtechnik

Entwickelte Messkonfiguration

Als Tracergas diente Schwefelhexafluorid (SF_6; Messer Griesheim, Krefeld). Dabei wurde das SF_6-Reingas mit einer definierten Menge Frischluft versetzt, um einer inhomogenen Vermischung mit der Stallluft vorzubeugen. Die entwickelte Messkonfiguration besteht aus einem *Stallluft-Sammelsystem* und aus einem *Tracergas-Dosiersystem*. Das *Stallluft-Sammelsystem* dient der kontinuierlichen Messung der Gaskonzentration o.g. Gase in der Fortluft. Dabei wird die über Nebelversuche („Micro Fog", Brook, Jade) definierte gesamte luftaustauschaktive Fortluftfläche eines Versuchsstalles mittels PTFE-Schlauchleitungen mit integrierten kritischen Glaskapillaren (Thermo Instruments, Dortmund) rasterartig in 2-min-Intervallen beprobt. Die angeschlossenen teflonbeschichteten Vakuumpumpen (vacuubrand, Wertheim)

* gefördert durch die Europäische Union und das Land Niedersachsen im Rahmen des Ziel 5b-Strukturfonds

fördern die Fortluftmischprobe an einen Multigasmonitor (INNOVA AirTech Instruments, Dänemark), der diese nach dem Prinzip der photoakustischen Infrarotspektroskopie auf die Konzentration der Gase NH_3, N_2O, CH_4, CO_2 und SF_6 hin analysiert.

Tab. 1: Versuchsrelevante Merkmale der Außenklima-Versuchsställe 1 und 2 (VSI, VSII)
Characteristics of the two experimental naturally ventilated pig houses (VSI, VSII)

Merkmal	VS I	VS II
Stallmaße		
Abmessungen (Länge, Breite, Höhe) [m]	65 x 18 x 6,5	36 x 17 x 6,5
Traufenhöhe [m]	3	3
Dachneigung [°]	18	18
Stallausrichtung [°]	340° NW	310° NW
Anzahl der Mastplätze (MP)	800	450
Stallbelegungsverfahren	kontinuierlich	kontinuierlich
Effektives Stallluftvolumen[1] [m^3]	5.213,5	2.710,4
Bauliche Ausführung der Lüftungselemente		
Seitenöffnung (Höhe) [m]	1,5	1,8
Vorhang Vorhangweg	manuell verstellbarer windundurchlässiger PE-Vorhang von unten nach oben	
Lochanteil der Lochfolie [%]	50	50
Firstöffnung	durchgehend offener First mit Abdeckung u. Pendelkl.	8 Luftschächte
Kotlagerung im Stall [m]	3 Güllekanäle (65 x 1,6 x 0,75)	3 Güllekanäle (36 x 1,5 x 1)
Emittierende Fläche [m^2/MP] [% der Netto-Buchtenfläche]	0,36 28	0,37 29

[1] Effektives Luftvolumen = Bruttoluftvolumen des Stalles – Σ Kistenvolumina

Das *Tracergas-Dosiersystem* dient der kontinuierlichen Ermittlung der Luftvolumentsröme der Außenklima-Versuchsställe in 2-min-Intervallen und besteht aus zwei Komponenten. Die erste Komponente ist eine Tracergas-Dosierleitung, die als PE-Ringleitung in einer vorher berechneten Position im Stall installiert ist. Über integrierte kritische Glaskapillaren wird das Tracergas kontinuierlich und weiträumig fächerförmig in den Stallraum injiziert. Die zweite Komponente kann als Tracergas-Frischluft-Mischstation verstanden werden. Das SF_6-Reingas wird in einem PTFE-Behälter mit einer definierten Menge Frischluft versetzt und zu einem homogenen Gasgemisch mit gleichbleibender Konzentration vermengt. Dieses Gasgemisch wird über eine druckstabile Verdrängerpumpe (vacuubrand, Wertheim) in die PE-Dosierleitung abgegeben und von dort aus in den Stallraum injiziert.

Der aus dem Stall austretende Luftvolumenstrom wird nach der Gleichung der *Methode der Konstanten Injektion* berechnet, dort befinden sich auch nähere Beschreibungen zur Messmethodik, zum Versuchsaufbau und zur Berechnungsgrundlage (HOFFMANN ET AL. 1999; NIEBAUM 2000).

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die während der Messkampagne eingesetzte Messtechnik zur kontinuierlichen Erfassung der Innen- und Außenklimaparameter.

Tab. 2: Messtechnische Ausstattung und Messprinzip zur kontinuierlichen Analyse der Innen- und Außenklimaparameter
Technical equipment for monitoring climate parameters

Physikalische Messgröße	Messgerät (Hersteller)	Messprinzip	Einheit
rel. Luftfeuchte	3-Leiter Kombi-Messtransmitter (Technetics, Freiburg)	➢ Impendanzmessung	%
Temperatur von Stallluft und Außenluft		➢ Automatische Temperaturkompensation über Pt100	°C
Windgeschwindigkeit	Schalenstern-Anemometer (Thies, Göttingen)	➢ Optische Abtastung der Achsdrehung	m/s
Windrichtung	Leichtmetallfahne (Thies, Göttingen)	➢ Optische Abtastung der Achse mit Codescheibe	°

2.3 Statistische Methoden

Bei der Auswertung der Einflussgrößen auf die Luftvolumenströme wurde die schrittweise lineare Regression nach dem FORWARD-Verfahren mit Hilfe des Programmpaketes „SAS for Windows" angewendet (GRAF UND ORTSEIFEN 1995). Folgende Faktoren wurden in die Regressionsanalyse einbezogen: x_1: Stalllufttemperatur (ϑ_i) [°C]; x_2: Außenlufttemperatur (ϑ_a) [°C]; x_3: relative Luftfeuchte der Stallluft (φ_i) [%]; x_4: relative Luftfeuchte der Außenluft (φ_a) [%]; x_5: Temperaturdifferenz Außenluft – Stallluft ($\Delta\vartheta$) [K]; x_6: Windgeschwindigkeit (v_w) [m/s]; x_7: Windrichtung in ° des Anströmungs*winkels* bei ost- ODER westseitiger Stallanströmung ($\perp_o/\perp_w$) [0-90°]; x_8: Abluftfläche (m^2A) [m^2]; x_9: Zuluftfläche (m^2Z) [m^2]; x_{10}: durchschnittliches geschätztes Lebendgewicht der Tiere im Stall (LG) [kg].

3 Ergebnisse

3.1 Regressionsanalysen

Das Ergebnis der Regressionsanalyse für die kumulierten Messtage bei **ostseitiger** Gebäudeanströmung des VSI liefert folgendes mathematisches Modell:

$$\dot{V}_{VB1,ost} = 87.324{,}0 + 586{,}95 m_A^2 - 5.026{,}38\Delta t + 487\varphi_a - 115{,}57\perp_o - 472{,}55\varphi_i \qquad (1)$$

Rund 86,45% der bei ostseitig auftreffenden Winden ermittelten Luftvolumenstromwerte lassen sich durch Modell (1) erklären (R^2_{Modell} = 0,8645). Dabei ist der Anteil des Regressors Abluftfläche (m^2A) mit R^2 = 0,8611 am Gesamtmodell auffallend hoch, gefolgt vom Einflussfaktor Temperaturdifferenz (Δt) mit 4,35%.

Für VSII hat sich bei **westseitigen** Anströmungsverhältnissen folgendes Regressionsmodell mit einem Bestimmtheitsmaß von R^2_{Modell} = 0,8665 herauskristallisiert:

$$\dot{V}_{VB2,west} = 194.242{,}85 + 3.465{,}33 m^2 Z - 2.335{,}94\Delta t + 1.310{,}61\varphi_i - 1.118{,}58 v_W - 248{,}38\varphi_a - 0{,}48 LG$$

Wird nun der Einfluss einzelner Regressoren betrachtet, so macht der Parameter Zuluftfläche (m^2Z) mit 34,16 % den größten Modell-Anteil aus, gefolgt von den Parametern Temperaturdifferenz (Δt) mit $R^2_{partiell} = 0{,}2943$ und rel. Luftfeuchte der Stallluft (φ_i) mit $R^2_{partiell} = 0{,}2206$. Diese drei genannten Regressoren erklären 85,66% der bei westseitig auftreffenden Winden ermittelten Luftvolumenströme. Der Erklärungsgehalt nicht genannter Parameter ist vernachlässigbar gering.

3.2 Quantifizierung gasförmiger Emissionen

Die kontinuierlich erfassten Konzentrationen und korrespondierenden Luftvolumenströme ermöglichen die Aufzeichnung tageszeitlicher Emissionsprofile o.g. Gase. Die Messwerte werden je nach Außenklimaverhältnissen Sommer- ($T_{Außenluft}$ >15 °C) oder Wintersituationen ($T_{Außenluft}$ <15 °C) zugeordnet.

Tabelle 3 gibt sowohl die berechneten als auch die aufgrund der Ergebnisse des Validierungsversuches korrigierten Mittelwerte der kumulierten in Sommer- und Wintersituationen gemessenen Gaskonzentrationen, Luftvolumenströme und Emissionsmassenströme der beiden Versuchsställe wieder.

Tab 3: Mittlere Konzentration und berechnete sowie korrigierte Emission der Gase NH_3, N_2O, CH_4 und CO_2 während ausgewählter Messtage der Messkampagne Mai – Dezember 1998 aus den Versuchsställen VSI und VSII
Average measured and corrected concentration and emission of NH_3, N_2O, CH_4 and CO_2 during selected days from the investigated period 05/ to 12/1998, VSI and VSII

Messgröße	Einheit	VSI				VSII			
		Sommer n=280; 6 Tage		Winter n=689; 9 Tage		Sommer n=957; 11 Tage		Winter n=1088; 12 Tage	
		gemessen	korrigiert	gemessen	korrigiert	gemessen	korrigiert	gemessen	korrigiert
Konzentration									
NH_3	mg/m^3	1,64		4,5		3,9		6,62	
N_2O	mg/m^3	n.d.		0,68		n.d.		0,77	
CH_4	mg/m^3	5,13		5,47		7,52		5,55	
CO_2	mg/m^3	1185		2095		1395		1919	
LVS	m^3/h	148870	89322	82190	49314	55915	33549	48264	28959
	$m^3/GV*h$	1045	627	575	345	837	502	679	407
Emission									
NH_3	g/GV*d	40,13	23,41	46,35	27,81	71,75	43,05	95,61	57,36
	g/MP*d	7,12	4,27	8,39	5,04	10,78	6,47	15,05	9,03
N_2O	g/GV*d	n.d.	n.d.	4,61	2,77	n.d.	n.d.	6,27	3,76
	g/MP*d			0,84	0,50			0,98	0,59
CH_4	g/GV*d	120,61	72,37	71,96	43,18	140,08	84,05	105,37	63,22
	g/MP*d	22,26	13,36	12,88	7,73	21,10	12,66	16,71	10,02
CO_2	kg/GV*d	28,61	17,17	23,61	14,17	27,21	16,33	29,41	17,64
	kg/MP*d	5,15	3,09	4,24	2,54	4,06	2,43	4,64	2,78

LVS: Luftvolumenstrom; n.d.: nicht detektierbar, da Gaskonzentration unterhalb der sicheren Nachweisgrenze des Multigasmonitors lag

Nähere Beschreibungen zum Validierungsversuch, dem Messaufbau sowie den daraus resultierenden Ergebnissen finden sich bei NIEBAUM (2000).

4 Diskussion

4.1 Regressionsanalysen

Die guten Modellergebnisse der Regressionsanalysen beider Versuchsställe VSI und VSII können sowohl auf die freie Anströmung der Ställe bei untersuchten Anströmungsverhältnissen, auf den berücksichtigten Datenumfang (70 bzw. 75 % aller Daten sind während o.g. Anströmungsverhältnisse erhoben worden) als auch die bei ost (VSI)- bzw. westseitiger (VSII) Anströmung optimalen Stall-Anströmungswinkel von 90-45° (d.h. senkrechte Stallanströmung bis hin zu einem 45°-Winkel) zurückgeführt werden.

Sowohl der Regressor „Abluftfläche" als auch der Regressor „Temperaturdifferenz" des Modell (1) für VSI können sinnvoll erklärt werden, weiterhin weisen sie plausible Regressionskoeffizienten auf. Gefolgt vom Parameter Temperaturdifferenz (Modell 1) geht der Regressor Zuluftfläche als Haupteinflussfaktor in das Modell für VSII ein. Der positive Regressionskoeffizient ist plausibel. Die Ursachen des Einflusses des Parameters rel. Luftfeuchte der Stallluft sind separat nicht sinnvoll zu erklären. Die Komplexität des Systems durch physikalische Verknüpfungen meteorologischer Parameter wird hier deutlich.

4.2 Quantifizierung gasförmiger Emissionen

Die ermittelten Luftvolumenströme beider Versuchsställe übersteigen die in der DIN 18910 (1992) geforderten Mindestluftraten um ein Vielfaches (bis zu zehnfaches) und sind daher günstig für die Stall-Luftqualität zu beurteilen. Die Sommerluftraten sind aufgrund des Lüftungsmanagements signifikant höher als die Winterluftraten. Die korrigierten Luftvolumenströme von 625 (VSI) bzw. 502 m^3/GV*h (VSII) in Sommerzeiten und 345 (VSII) bzw. 407 m^3/GV*h (VSII) in Winterzeiten werden durch jüngste Untersuchungen von RATHMER ET AL. (2000) bestätigt.

Die mittleren NH_3-Konzentrationen der beiden Versuchsställe schwanken zwischen 1,64 mg/m^3 in Sommerzeiten und 6,62 mg/m^3 in Winterzeiten. Diese Messwerte liegen weit unter den in der Literatur für zwangsbelüftete Vollspaltenbodenställe angegebenen Werten. Basierend auf den ermittelten Luftvolumenströmen und Gaskonzentrationen ergeben sich für die beiden Versuchsställe mit 1,54 (VSI) bzw. 2,26 kg NH_3/MP*a (VSII) NH_3-Minderungspotentiale in Höhe von bis zu 70% (Kalkulationsbasis: 330 Stalltage).

Die ermittelten N_2O-Emissionen sind mit 0,50 (VSI) bzw. 0,59 N_2O/MP*d (VSII) mit dem Emissionspotential zwangsbelüfteter Vollsplatenbodensysteme vergleichbar. In Sommersituationen konnten aufgrund der unteren Nachweisgrenze des Gasanalysators keine N_2O-Konzentrationen ermittelt werden, eine Kalkulation der Emissionen war daher nicht möglich.

Die ermittelten CH_4-Emissionen der beiden Versuchsställe liegen mit 3,48 (VSI) bzw. 3,74 kg CH_4/MP*a im oberen Bereich der in der Literatur angegebenen Werte für zwangsbelüftete Vollspaltenbodenställe.

Die CO_2-Konzentrationen der beiden Versuchsställe sind mit mittleren 1169 (VSI) bzw. 1070 ppm (VSII) in Wintersituationen signifikant höher als in Sommersituationen (661 (VSI) bzw. 778 ppm (VSII)). Der durch die hohen Lüftungsraten im Sommer induzierte enorme Stallluft-Verdünnungseffekt kann für die niedrigen CO_2-Konzentrationen im Sommer verantwortlich

gemacht werden. Alle gemessenen Konzentrationen unterschreiten den in der SHVO (1994) geforderten Höchstgehalt von 0,3 Vol.% CO_2 in der Stallluft erheblich.

5 Literatur

DIN 18910 (1992): Wärmeschutz geschlossener Ställe. Beuth Verlag, Berlin

GRAF, A. UND C. ORTSEIFEN (1995): Statistische und grafische Datenanalyse mit SAS. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford

HOFFMANN, A.; A. ROSS, G. STEFFENS, H. ARNOLD UND H.VAN DEN WEGHE (1999): Quantifizierung gasförmiger Emissionen aus quer gelüfteten Außenklimaställen für Mastschweine mit Hilfe der Tracergas-Technik. Proc. 4. Internationale Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftliche Nutztierhaltung, 9./10. März, Freising/Weihenstephan, S. 443-446

NIEBAUM, A. (2000): Konzept zur Dissertation

RATHMER, B.; A. GRONAUER UND H. SCHÖN (2000): Long-term comparison of the emission rates of ammonia, methane and nitrous oxide from three different housing systems for fattening pigs. Proc. AgEng, Paper No. 00-AP-021, Warwick, UK

SEIPELT, F. (1999): Quantifizierung und Bewertung gasförmiger Emissionen aus frei gelüfteten Milchviehställen mit Trauf-First-Lüftung. Diss. Universität Göttingen, VDI-MEG-Schriftenreihe 336

SHVO (1994): Verordnung zum Schutz von Schweinen bei Stallhaltung. (BGBI. I S. 311)

Measurement of air exchange- and emission rates in naturally-ventilated pig houses with tracergas technique - results

NIEBAUM, ANKE[1] AND HERMAN VAN DEN WEGHE[2]

[1] Anke Niebaum, Horststr. 4, 47228 Duisburg, Germany
[2] Georg-August-Universität Göttingen, FOSVWE, Driverstr.22, 49377 Vechta, Germany

The experiment involved two pig houses for fattening pigs designed as Nürtinger-System houses. The method applied to measure gaseous emissions by tracer gas technique has already been explained in detail by HOFFMANN ET AL. (1999). The air exchange rate models for every experimental pig house showed a favourable adaption of prediction (R^2_{Model} >0,86). The main influencing parameters of air exchange rates could be determined by inlet-area, outlet-area and difference of inside and outside air-temperature. The measured findings were checked by an validation experiment (NIEBAUM 2000) and had to be corrected. The calculated data of DIN 18910 were exceeded up to ten times. In summer the air exchange rates were 625 and 502 m^3/GV*h and in winter 345 and 407 m^3/GV*h, respectively. On average, the amount of released NH_3 was 1,54 and 2,26 kg NH_3/MP*a, respectively. There were no substantial differences in N_2O- and CH_4-emission between the investigated pig houses and research on fully-slatted-floor systems for fattening pigs with forced ventilation.

Emissionen bei temperatur- und schadgasgeregelter Lüftung in der Mastschweinehaltung

GROTZ, WALTER; ANDREAS GRONAUER UND HANS SCHÖN

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, 85354 Freising

1 Einleitung und Problemstellung

In der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung hat die Gestaltung des Stallklimas entscheidenden Einfluss auf das Wohlbefinden der Tiere (DONHAM 1991), aber nicht zwangsläufig auf die tierische Leistung. Während KALICH (1980) eine bedeutende Reduktion der Mastleistung in stärker kontaminierter Stallluft beobachtet, stellen CIELEJEWSKI und ISENSEE (1988) in HILLIGER (1990) bei höheren Ammoniak-Konzentrationen in der Stallluft sogar höhere Tageszunahmen fest.

Als technisches Regelwerk gibt die DIN 18910 (DIN 1992) eine Anleitung für die Auslegung von Lüftungsanlagen in wärmegedämmten Ställen. In der Praxis ist dies jedoch keine Gewährleistung dafür, dass die in den Tierhaltungsverordnungen für Kälber und Schweine („Schweinehaltungsverordnung", SHVO) (BGBL 1992 und 1994) festgelegten Höchstkonzentrationen der Schadgase Ammoniak (NH_3; 20 ppm), Kohlendioxid (CO_2; 3.000 ppm) und Schwefelwasserstoff (H_2S; 5 ppm) nicht überschritten werden. In den Sommermonaten werden die Grenzwerte selten überschritten, da dann der Abtransport von Wärme das vorrangige Ziel ist und durch hohe Lüftungsraten starke Verdünnungen der Stallluft erreicht werden. In den Wintermonaten und in der Übergangszeit wird der Grenzwert des Schadgases NH_3 bei geringen Luftwechselzahlen im Stall z. T. um ein Vielfaches überschritten (STEGBAUER ET AL. 1999). Aus diesem Grunde müssen Lüftungssysteme entwickelt und überprüft werden, die in kühleren Jahreszeiten höheren Ansprüchen an das Stallklima genügen. Einen Ansatz hierfür machte KECK (1997), indem die NH_3-Konzentration in Anlehnung an die SHVO in einem Jungsauen-Aufzuchtstall tagsüber auf unter 20 ppm reduziert wurde. Dazu wurde der Abluftvolumenstrom erhöht wodurch es zu einer darauf zurückgeführten Erhöhung der Ammoniakemissionsrate im Vergleich zur Kontrollvariante um rund 13 % kam.

2 Ziel

Ziel ist es, dass Stallklima durch Senkung der Schadgaskonzentrationen nachhaltig zu verbessern. Dazu muss eine funktionierende schadgasgeregelte Lüftung entwickelt werden, um die in der SHVO vorgegebenen Höchstkonzentrationen der Schadgase einhalten zu können. Außerdem soll die Auswirkung dieser Lüftungstechnik auf die Emissionen klima- und umweltrelevanter Gase und der Energieverbrauch dieser Lüftungstechnik untersucht werden.

3 Methode

Die Auswirkung einer schadgasgeregelten Lüftungstechnik wurde in einem Kammstall mit vier Abteilen à 120 Mastschweineplätzen auf Vollspaltenboden (Abb. 1) mit Flüssigfütterung (2 Phasen) untersucht, in denen eines der mittleren Abteile (Abteil III) als Versuchsabteil diente, das benachbarte Abteil (Abteil II) als temperaturgeregelte Kontrollvariante. Das Platzangebot pro Schwein beträgt 0,8 m^2, gemästet wir im Rein-Raus-Verfahren. Die Messzeiträume umfassten eine End- (27.01. - 24.02.00) und eine Vormastphase (17.03. - 3.05.00).

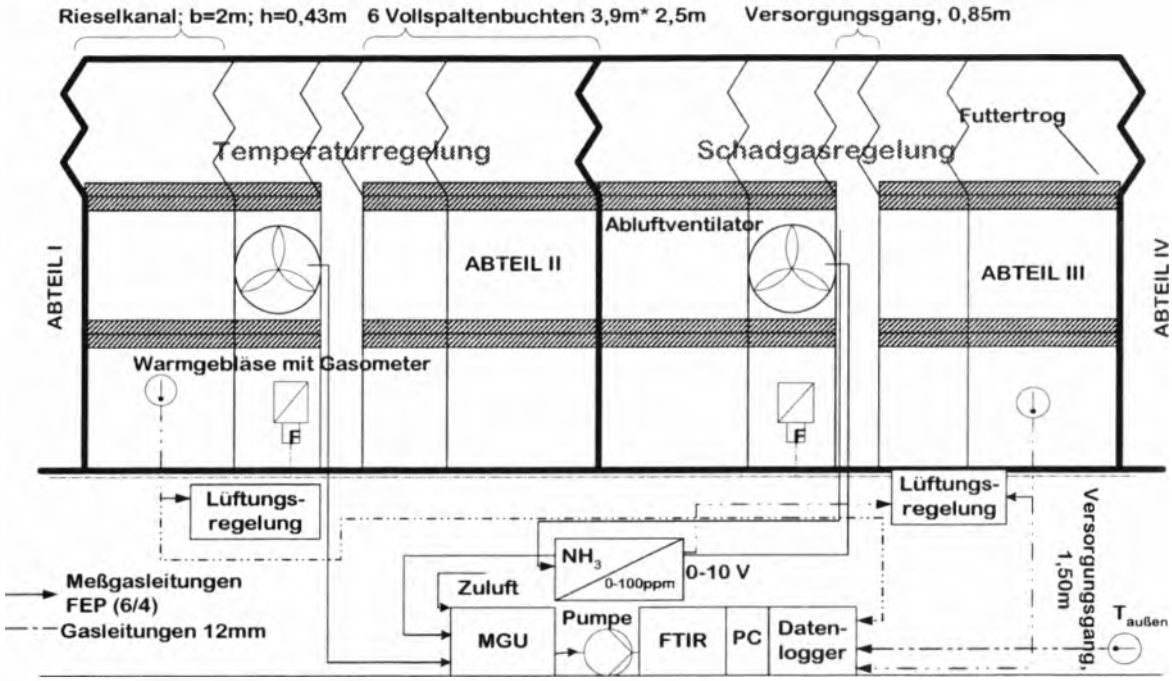


Abb. 1: Schematische Darstellung des Versuchaufbaus
Experimental design

In Kooperation mit zwei Lüftungstechnikfirmen wurde ein Konzept für eine schadgasgeregelte Lüftung mit NH_3 als zusätzlicher Regelgröße entwickelt und Soft- und Hardware des vorhandenen Regelgerätes für diesen Anwendungsfall adaptiert. Regelgrößen sind die Stallinnentemperatur und die NH_3-Konzentration. Hierzu wurde ein Photoakustisches Infrarot-Spektrometer (PAS-IR-S) verwendet, um zuverlässig die NH_3-Konzentration im Versuchsabteil zu messen. Die Stellgrößen sind die Ventilatordrehzahl und die Heizleistung. Das grundlegende Regelprinzip beruht darauf, dass mit unter und über den Sollwert sinkender bzw. steigender Temperatur die NH_3-Konzentration in der Regelung weniger gewichtet wird. Bei Temperaturen im oberen Regelbereich wird NH_3 nur zu einem geringen Teil für den Stellwert der Lüftung herangezogen. Nur wenn Ist- und Solltemperatur übereinstimmen, wird NH_3 zu 100 % in der Regelung gewichtet. Bei Unterschreitung der Solltemperatur wird die stufenlos regelbare Heizung (Warmluftgebläse mit 4-15 kW Heizleistung) aktiviert und NH_3 weniger gewichtet.

Mit einem Fourier-Transformierten Infrarot–Spektrometer (FTIR-S; GRONAUER ET AL. 1997) wurden die Gaskonzentrationen (H_2O, CH_4, NH_3, N_2O, CO_2) in der Zu- und Abluft der Versuchsabteile gemessen. Diese hochgenaue Messtechnik wurde von DEPTA ET AL. (1996) beschrieben. Zwischen den Messorten wurde mit einer PC-geführten Messgasumschaltung (MGU) gewechselt. Die Ansaugung des Messgases erfolgte kontinuierlich mit einer Gaspumpe. Der Flüssiggasverbrauch der Warmluftgebläse wurde mit druckstabilen (1,6 bar) Gasbalgenzählern gemessen. In Abbildung 1Abb. 1 ist der Versuchsaufbau schematisch dargestellt.

Die Geruchsstoffkonzentrationen wurden mit einem Multisensorarray (MAIER ET AL. 1999) bestimmt. Dieses besteht aus 18 Metalloxidsensoren, deren Widerstandsänderung ein Maß für die Geruchsstoffkonzentration ist. Die Abluftvolumenströme werden indirekt durch Aufzeichnen der Steuerspannungen der Ventilatoren erfasst (Abb. 2). Die Steuerspannung der Abluftventilatoren wird gleichzeitig als Stellgröße für die Abluftstellklappen verwendet.

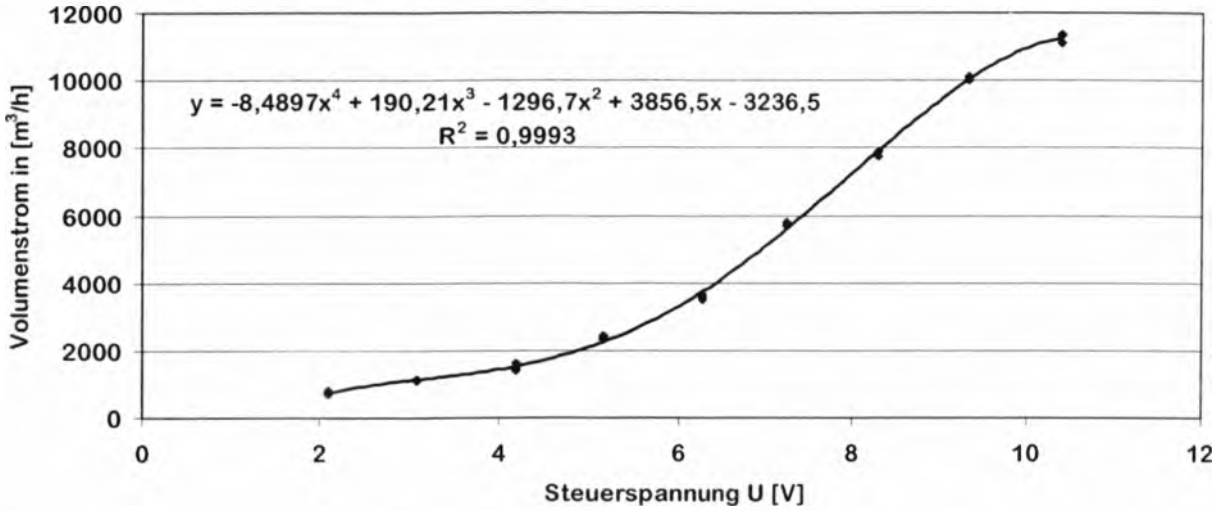


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Abluftvolumenstrom und Steuerspannung eines Abluftventilators (EC-Motor) mit geregelter Abluftstellklappe
Air flow as a function of control voltage of the ventilator and shutter

4 Ergebnisse

Durch die schadgasgeregelte Lüftung wurden erheblich niedrigere Gaskonzentrationen im Versuchsabteil III im Vergleich zum Kontrollabteil (Abteil II) erreicht. Die Spanne reicht hier von Mittelwertsunterschieden von 14,8 % höheren N_2O-Konzentrationen bis mehr als doppelt so hohen CH_4-Konzentrationen im temperaturgeregelten Abteil während der Vormast. In der Endmast zeigt sich in etwa das gleiche Bild. Diese variierenden Unterschiede in den Konzentrationsdifferenzen sind auf die verschiedenen Bildungsmechanismen zurückzuführen, denen die Einzelgase unterliegen. In Abbildung 3Abb. 3 und Abbildung 4 sind die Mittelwerte der Konzentrationen von NH_3 und CO_2 grafisch dargestellt.

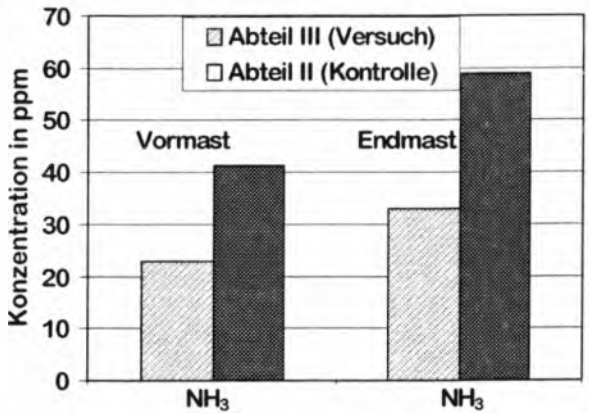


Abb. 3: Mittlere NH_3- Konzentrationen
Average NH_3- concentrations

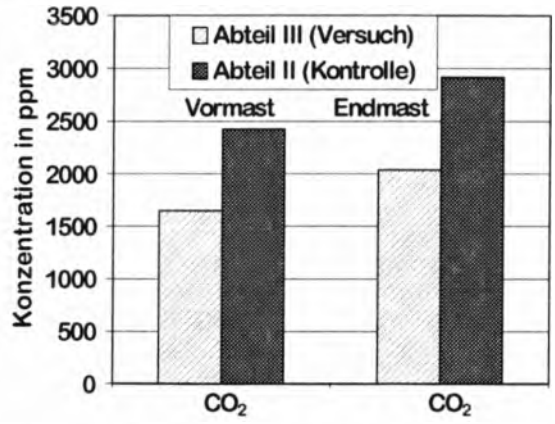


Abb. 4: Mittlere CO_2-Konzentrationen
Average CO_2-concentrations

Das Kriterium zur umwelttechnischen Einordnung des Verfahrens sind die Emissionsraten klima- und umweltrelevanter Gase (Tab. 1). Obwohl im NH_3-geregelten Abteil III viel niedrigere mittlere Gaskonzentrationen gemessen wurden, sind die Emissionsraten im Abteil II nur bis zu 10 % höher, da der Abluftvolumenstrom im Abteil III viel höher war. Ausnahmen sind die CH_4-Emissionsrate, die im temperaturgeregelten Abteil II in der Vormast 20 % höher ist und die N_2O-Emissionsrate, die in der Endmast im Abteil II um 50 % höher ist.

Tab. 1: Standardisierte Emissionsraten Vormast und Endmast [g/(h*500 kg LM)]
Standardised emission rates of growing and finishing fattening pigs [g/(h*500 kg LW)]

		Ø Volumenstrom [m^3/h]	H_2O	CO_2	N_2O	CH_4	NH_3
Vor-mast	Abteil III	5527	1426	755	0,041	6,3	6,0
	Abteil II	3596	1437	800	0,048	8,2	6,4
End-mast	Abteil III	4647	1020	624	0,021	6,4	4,8
	Abteil II	2699	962	541	0,031	7,6	5,0

Die Geruchsstoffkonzentrationen im temperaturgeregelten Abteil sind um rund 10 - 20 % höher als im schadgasgeregelten Abteil, obwohl die NH_3-Konzentrationen im gleichen Zeitraum 60 bis 80 % höher sind (Abb. 5). Allerdings ist die Geruchsstoffemission aus dem schadgasgeregelten Abteil (38.000 GE/(h*500 kg LM)) aufgrund des höheren Abluftvolumenstromes (Tab. 1) um 50 % höher als die aus dem temperaturgeregelten (25.000 GE/(h*500 kg LM)).

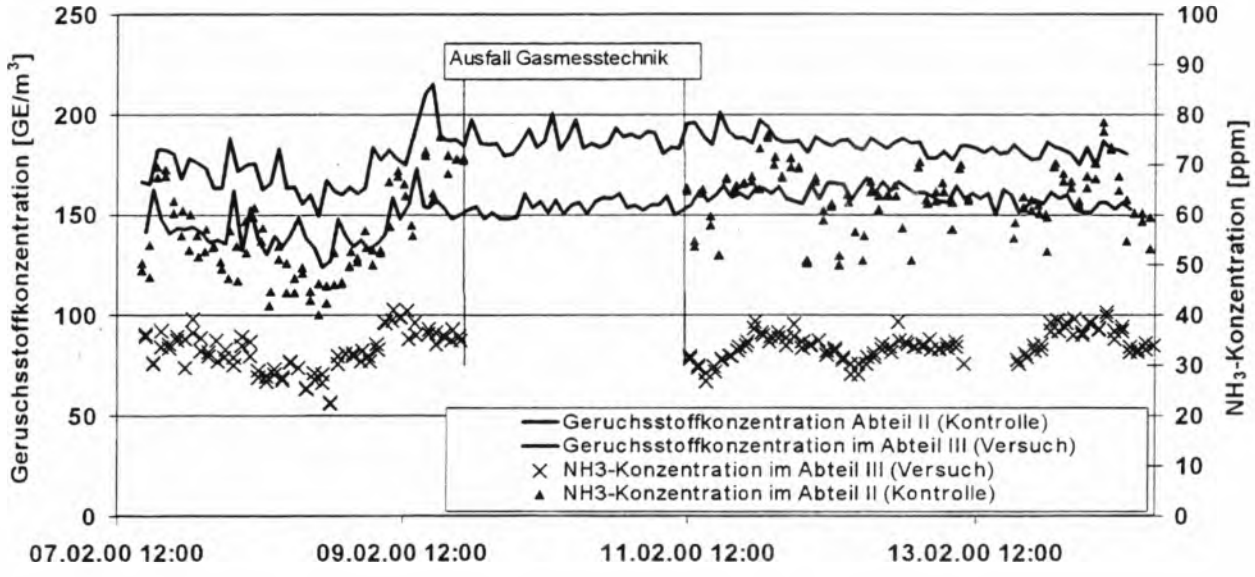


Abb. 5: Geruchsstoff- und Ammoniakkonzentrationen in der Endmast
Odour and ammonia concentrations of finishing fattening pigs

Im gesamten Versuchszeitraum (27.01.00 - 04.05.00) wurde mit 86,9 kWh/Mastplatz Heizleistung aus Flüssiggas (Propan) im schadgasgeregelten Abteil III etwa die fünffache Menge an Heizenergie verbraucht wie im temperaturgeregelten Abteil II (17,6 kWh/Mastplatz).

5 Zusammenfassung

Trotz moderner Lüftungstechnik, können die in der Schweinehaltungsverordnung (SHVO) vorgegebenen Grenzwerte für Schadgase, z. B. Ammoniak (NH_3), in kühleren Jahreszeiten nicht immer eingehalten werden. Aus diesem Grund wurde eine NH_3-geregelte Lüftungstechnik entwickelt und in einem Praxisbetrieb in einer Vor- und einer Endmastphase hinsichtlich ihrer Auswirkung auf das Stallklima und ihrer Umweltwirkung getestet und mit einem temperaturgeregelten Abteil verglichen. Zur Multigasanalyse (H_2O, CO_2, NH_3, CH_4, N_2O) wurde ein FTIR-Spektrometer verwendet. Um Gerüche objektiv und dauerhaft zu erfassen wurde ein Multisensorarray eingesetzt. Aus den Steuerspannungen der Abluftventilatoren wurden durch Kalibration mit einem Flügelradanemometer die Volumenströme errechnet. Während die Gaskonzentrationen im NH_3-geregelten Abteil zum Teil um mehr als 50 % niedriger waren, unterschieden sich die Geruchsstoffkonzentrationen weniger stark. Im temperaturgeregelten Abteil war die CH_4-Emissionsrate um etwa 20 % höher und die N_2O-Emissionsrate in der Endmast um 50 % höher. Alle anderen Emissionsraten unterschieden sich kaum. Der Energieverbrauch im Versuchszeitraum (27.01. - 4.05.00) aus Flüssiggas betrug 86,9 kW/Mastplatz im Abteil III und 17,6 kWh/Mastplatz im Abteil II.

6 Literatur

BGBL (BUNDESGESETZBLATT) (1992): Jahrgang 1992 Teil I, S. 1977-1980: Verordnung zum Schutz von Kälbern bei Stallhaltung (Kälberhaltungsverordnung)

BGBL (BUNDESGESETZBLATT) (1994): Bekanntmachung der Neufassung der Schweinehaltungsverordnung, Bonn

DIN, DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.(1992): Wärmeschutz geschlossener Ställe, Wärmedämmung und Lüftung, Planungs- und Berechnungsgrundlagen

DEPTA, G., S. NESER, S. BECHER, H. STANZEL UND A. GRONAUER (1996): Multigasanalyse der Emissionsraten landwirtschaftlicher Quellen, Darstellung der Meßverfahren FTIR und Laser-Anemometrie. In: Landtechnik 51, H. 4, S. 206-207

DONHAM, K.J. (1991): Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. In: American journal of veterinary research 52 (10), S. 1723-1730

GRONAUER, A., G. DEPTA, S. NESER, H. SCHÖN, K. SCHÄFER UND I. STEINICKE (1997): Emissionsrateanalyse variabler Emissionsquelltypen in der Landwirtschaft mittels open-path- und extraktiver FTIR-Spektroskopie. 3. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung", 11.-12.3.1997, Kiel, S. 361-368

HILLIGER, H.G. (1990): Stallgebäude, Stalluft und Lüftung: Ein technisch-hygienischer Ratgeber für Tierärzte, 77 Seiten; Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1990

KALICH, J. (1980): Schadgase in der Stalluft und ihr Einfluß auf die Mastleistung von Schweinen. Der Tierzüchter 9, 1980, S. 386-388

KECK, M. (1997): Beeinflussung von Raumluftqualität und Ammoniakemissionen aus der Schweinehaltung durch verfahrenstechnische Maßnahmen. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) 299. Dissertation, Hohenheim, 1997

MAIER, B.; G. RIEß; H.-D. ZEISIG; A. GRONAUER UND H. SCHÖN (1999): Entwicklung eines Systems zur Erfassung des emissiven Gesamteindrucks von landwirtschaftlichen Betrieben. 4. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" 1999, Freising-Weihenstephan, S. 117-122

STEGBAUER, B.; S. NESER; A. GRONAUER UND H. SCHÖN (1999): Vergleich der Emissionen aus verschiedenen Mastschweinehaltungssystemen - Konventioneller Vollspaltenstall und zwei Außenklimastallvarianten. 4. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" 1999, Freising-Weihenstephan, S. 87-92

Danksagung

Das Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert.

Die Verfasser danken den Firmen Ziehl-Abegg, Schönhammer Lüftungstechnik und Westfalen AG für die freundliche Unterstützung der Arbeiten.

Comparison of the emissions of temperature and noxious gas controlled ventilation systems in stables for fattening pigs

GROTZ, WALTER; ANDREAS GRONAUER AND HANS SCHÖN

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, 85354 Freising, Germany

Though German legislation has been setting limits for the concentration of certain gases, e. g. 20 ppm ammonia (NH_3) in calve- and pig housings, there is still a gap between the demands on stable air condition and the situation on the farms as different studies proof. Therefore an ammonia controlled ventilation system has been developed and been tested in two compartments (one ammonia controlled, one temperature controlled) of a fattening pig house in a growing and finishing fattening period. Multigas (H_2O, CO_2, NH_3, CH_4, N_2O) analysis has been realised by a Fourier-Transform-Infra-Red-Spectrometer (FTIR-S). Odour concentrations were measured with a Multi-Sensor-Array (MSA). By calibration with a vane wheel anemometer it was possible to specify the air flow by associating it to the control voltage of the motors of the ventilators. Average concentrations of ammonia and methane nearly have been halved and carbon dioxide concentrations have been reduced by a third in the ammonia controlled compartment compared to the temperature controlled compartment. There was only little difference in odour concentration. However, there were only remarkable differences in the emission rates of methane, which was about 20 % higher, and nitrous oxide, which was about 50 % higher in the finishing fattening period in the temperature controlled compartment.

Vergleich der Emissionsraten klima- und umweltrelevanter Gase aus der Mastschweinehaltung in einer Dauermessung

RATHMER, BARBARA; ANDREAS GRONAUER UND HANS SCHÖN

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, TU-München Weihenstephan, Am Staudengarten 3, 85350 Freising

1 Einleitung und Problemstellung

Gasförmige Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung tragen zur Versauerung und Eutrophierung verschiedener aquatischer und terrestrischer Ökosysteme (NH_3) sowie zur Verstärkung des Treibhauseffektes (CH_4 und N_2O) bei. Die Landwirtschaft verursacht 93 % der anthropogenen NH_3-Emissionen in Deutschland (Σ: 651.000 t), wovon der Anteil der landwirtschaftlichen Tierhaltung 88 % beträgt (UMWELTBUNDESAMT 1998). Bei CH_4 beträgt der Anteil der Landwirtschaft immerhin 33 % (Σ: 4.724.000 t), bei N_2O, incl. der Abfallwirtschaft, 39 % (Σ: 228.000 t).

Emissionen aus der Mastschweinehaltung sind bereits bei verschiedenen Haltungssystemen ermittelt worden, neuere Haltungssysteme wie Außenklimaställe sind aber noch wenig berücksichtigt, da sie messtechnisch schwierig zu erfassen sind. Da diese Ställe wegen des geringeren Investitionsbedarfs und der wegfallenden Energiekosten für die Zwangslüftung in den letzten Jahren vermehrt gebaut wurden (z.B. wurden in Bayern 1999 in über 50 Betrieben Mastschweine in Außenklimaställen gehalten, weitere 20 - 30 befanden sich in Planung oder Bau (HAIDN UND HORNAUER 1999)), müssen sie in Dauermessungen im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen untersucht werden. Bisher sind für diese Ställe nur Anhaltswerte der Emissionsraten aus wenigen 24-h-Messungen vorhanden.

2 Emissionsraten aus der Mastschweinehaltung

Für die Gaskonzentrationsbestimmung zur Emissionsratenermittlung werden hauptsächlich absorptionsspektrometrische Analysemethoden (FTIR, NDIR, PAS-IR) oder Konvertertechniken eingesetzt.

Für die *kontinuierliche* Bestimmung der Volumenströme aus Außenklimaställen gibt es noch keine praxistaugliche Methode, da Tracergasmethoden nur kurzzeitige Betrachtungen zulassen. In zwangsentlüfteten Ställen ist der Einsatz von den gesamten Kaminquerschnitt abdeckenden Messventilatoren im Abluftkamin die übliche und genaueste Methode, den Volumenstrom in Dauermessungen zu bestimmen. Hierbei erfasst ein Induktivgeber die Drehfrequenz des Messventilators. Diese ist über die Kalibration ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit und somit für den Volumenstrom.

Für NH_3 sind aus der Mastschweinehaltung zahlreiche Emissionsraten aus der Literatur vorhanden, die sich jedoch stark voneinander unterscheiden. Gründe für diese Unterschiede liegen zum einen an den unterschiedlichen untersuchten Haltungssystemen, zum anderen an den unterschiedlichen Rahmenbedingungen, unter denen die Untersuchungen stattfinden (Fütterung, Außentemperaturen, Jahreszeit). Ein weiterer wichtiger Grund ist die unterschiedliche Dauer

der Emissionsmessungen; sie hat wegen der ausgeprägten tages- und jahreszeitlichen Schwankungen der Emissionsraten von NH_3, CH_4 und CO_2 (vgl. ROM UND DAHL, 1998) einen Einfluss auf die ermittelte Emissionsrate. Für die Emissionsratenbestimmung aus der Mastschweinehaltung ergibt sich somit die Forderung nach Dauermessungen über mindestens 2 Mastdurchgänge, besser über ein Jahr, um die gesamte saisonale Schwankungsbreite der Emissionsraten zu erfassen.

In der folgenden Abbildung 1 sind die NH_3-Emissionsraten für Teilspaltenbodenställe und Ställe mit Einstreu bzw. Schrägbodenställe aufgeführt, da diese, abgesehen vom Lüftungssystem, dem in dieser Arbeit untersuchten Haltungssystem „Außenklimastall mit Einstreu" am ehesten entsprechen. Für zwangsentlüftete Ställe werden nur aus Dauermessungen stammenden Emissionsraten dargestellt, für freigelüftete Ställe gibt es keine Daten aus Dauermessungen. Die von BREHME (1997) dargestellten Emissionsraten wurden in 1-Tages-Messungen bei unterschiedlichen Volumenströmen gemessen.

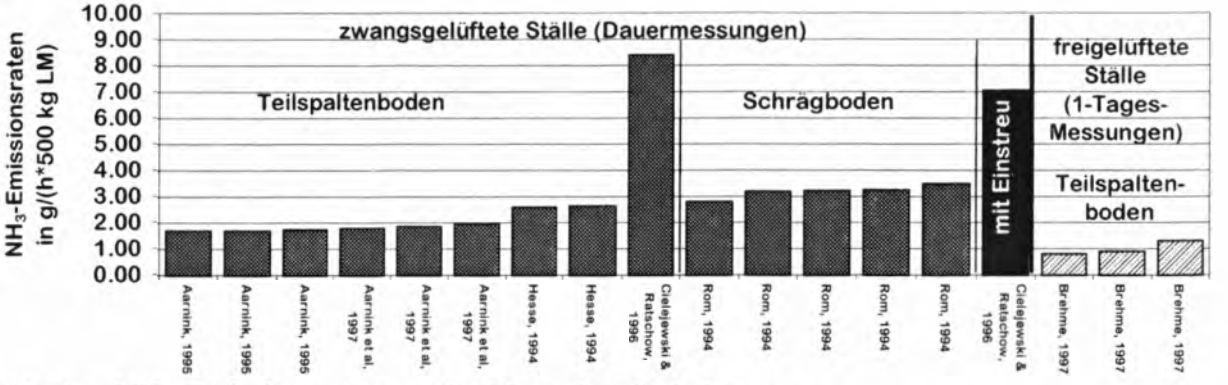


Abb. 1: NH_3-Emissionsraten aus der Mastschweinehaltung
NH_3-emission rate from fattening pigs (partly slatted floor and straw systems)

Im Gegensatz zu den NH_3-Emissionsraten aus Dauermessungen gibt es zu den CH_4- und N_2O-Emissionsraten weniger verfügbare Daten (Abb. 2). Für freigelüftete Ställe mit Teilspaltenboden sind auch hier nur die Emissionsraten von BREHME (1997) bekannt.

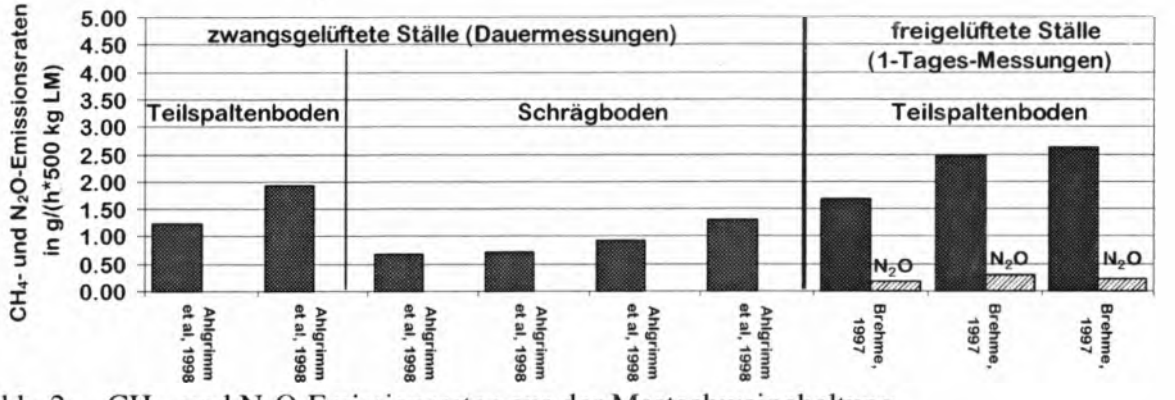


Abb. 2: CH_4- und N_2O-Emissionsraten aus der Mastschweinehaltung
CH_4- und N_2O-emission rate from fattening pigs

3 Ziel

Ziel ist es, die Emissionsraten aus zwei Außenklima-Versuchsabteilen mit Teilspaltenboden bzw. mit Einstreu und aus einem konventionellen Warmstall mit Teilspaltenboden und Zwangsentlüftung in einer Dauermessung auf einem Betrieb unter gleichen Umweltbedingungen zu ermitteln und miteinander zu vergleichen.

4 Material und Methode

In Abbildung 3 ist der Versuchsaufbau in den drei Versuchsabteilen schematisch dargestellt. Im Versuchsabteil im konventionellen Warmstall werden 52 männliche Mastschweine gehalten, in den Außenklima-Versuchsabteilen jeweils 64. Die Mast erfolgt im Rein-Raus-Verfahren, gefüttert wird über Breifutterautomaten.

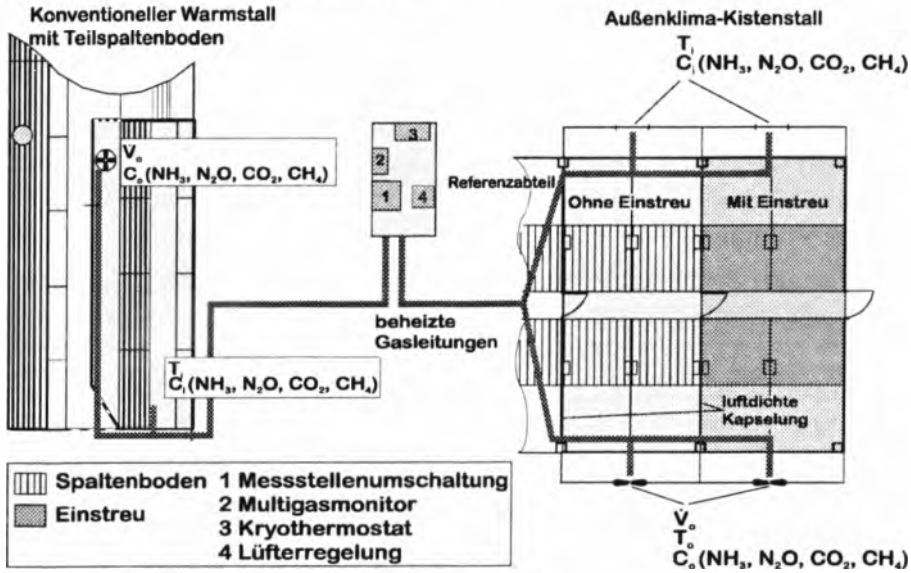


Abb. 3: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus
Schematic view of the experimental design

Eingestallt wird mit ca. 30 kg Lebendmasse (LM), das Mastendgewicht beträgt ca. 110 - 120 kg LM. Ab dem ca. 90. Masttag werden die ersten schlachtreifen Tiere bereits ausgestallt. In Tabelle 1 sind die Mastdurchgänge, während derer die Emissionsratenbestimmung durchgeführt wurde, beschrieben.

Tab. 1: Mast- und Messzeiträume zur Emissionsratenbestimmung
Fattening and measuring periods for determination of the emission rates

Mastdurchgang	Mastzeitraum	Messzeitraum	∅ Tiermasse während Messzeitraum
Nr. 4	2.2. - 10.6.99	15.3. - 10.6.99	ca. 63 - 115 kg
Nr. 5	16.6. - 29.10.99	16.6. - 29.10.99	ca. 30 - 115 kg
Nr. 6	11.11.99 - 20.3.00	16.11. - 17.3.00	ca. 30 - 110 kg

Die Erfassung des Volumenstroms aus den frei gelüfteten Versuchsabteilen erfolgt durch die Adaption der Methode der großen dynamischen Kammer an die Versuchsabteile als ganzes. Hierbei werden die beiden frei gelüfteten Außenklima-Versuchsabteile luftdicht nach außen und voneinander abgetrennt (Abb. 3). Im nicht gekapselten Außenklimastall wird kontinuierlich die Temperatur gemessen und mit der im gekapselten Außenklima-Versuchsabteil gemessenen Temperatur verglichen. Eine Temperaturregelung errechnet aus dem Soll-Ist-Vergleich den Stellwert für die Ventilatoren, die sich in trichterförmigen Vorbauten an der Ostseite der Versuchsabteile befinden. Den Abluftventilatoren ist jeweils ein Messventilator nachgeschaltet, womit wie im konventionellen Warmstall kontinuierlich die Abluftvolumenströme ermittelt werden.

Die Gaskonzentrationen (NH_3, N_2O, CH_4, CO_2) werden mit dem photoakustischen Infrarot-Spektrometer (PAS-IR) Multigasmonitor B&K 1302 gemessen. Der Multigasmonitor kann 5 Gase und Wasser quasi gleichzeitig messen, indem jede Probe in der Gaszelle mit allen optischen Filtern nacheinander analysiert wird. Das Messgerät wird in regelmäßigen Abständen an der an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik vorhanden Gasmischstation GEMS 2000 kalibriert und überprüft.

Die Gaskonzentrationen werden nacheinander in der Zu- und Abluft der drei Versuchsabteile gemessen. Die Probennahmeschläuche werden beheizt, um Kondensationen in den Schläuchen zu vermeiden; das Schlauchmaterial besteht aus FEP, da hierbei nicht mit Adsorptionen von NH_3 an den Schlauchinnenwänden zu rechnen ist. Um die Zeit zwischen der Beprobung zweier Messstellen so kurz wie möglich zu halten, und um zu gewährleisten, dass immer die Gasprobe der aktuellen Messstelle beprobt wird, wurde eine optimierte Messstellenumschaltung mit integrierten Gaspumpen und doppeltwirkenden Magnetventilen eingesetzt.

5 Ergebnisse

Im folgenden wird nur auf die Ergebnisse der Emissionsratenermittlung eingegangen. Eine Darstellung methodischer Ergebnisse zur Kapselung der Versuchsabteile findet sich bereits bei RATHMER ET AL. (2000). Sie belegen, dass die angewandte Methode zur Volumenstromermittlung für Dauermessungen geeignet ist.

In Abbildung 4 sind beispielhaft die Stundenmittelwerte der NH_3-Emissionsraten aus den drei untersuchten Haltungssystemen während einer 5-Tagesperiode im Sommer dargestellt.

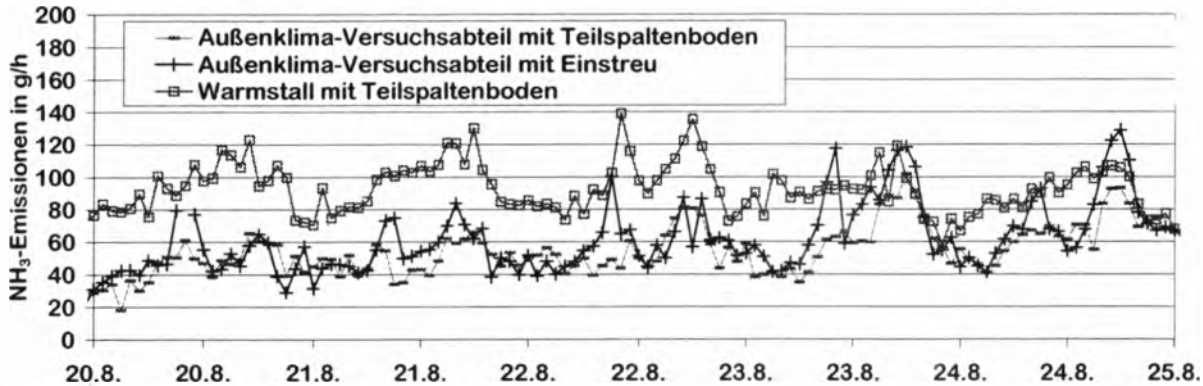


Abb. 4: Verlauf der Emissionsraten aus den drei untersuchten Haltungssystemen während einer Woche im Sommer
Emission rates of the three examined systems during one week in summer

Zu erkennen sind die Tagesgänge der Emissionsrate mit ein bis zwei Emissionsmaxima pro Tag in allen drei Haltungssystemen. Diese Maxima am Vormittag und am Spätnachmittag hängen nach PEDERSEN UND ROM (1998) von der Tieraktivität und nach AARNINK (1997) von der Häufigkeit des Harnens ab. Die geringsten Emissionen werden nachts gemessen.

In Abbildung 5 sind die Tagesmittelwerte der NH_3-Emissionsraten aus den drei Versuchsabteilen während eines Jahres dargestellt.

Zu erkennen ist, dass die NH_3-Emissionsraten über den Zeitraum des Mastdurchganges bis zum ersten Ausstallen deutlich ansteigen und vom ersten Ausstallen bis zum Ende des Durchganges abnehmen.

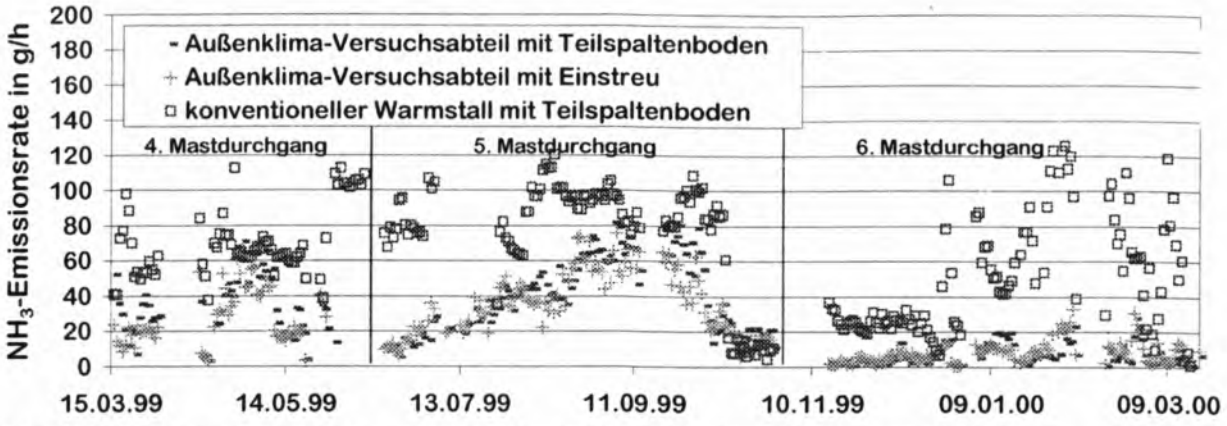


Abb. 5: NH_3-Emissionsraten aus drei Mastschweinehaltungssystemen über 1 Jahr
NH_3-emission from three systems for fattening pigs during one year

Dieses Phänomen ist besonders deutlich in den beiden Außenklima-Versuchsabteilen zu beobachten. Bezüglich der Niveaus der Emissionsraten unterscheiden sich die beiden Außenklima-Varianten kaum voneinander, der Abstand zum konventionellen Warmstall ist hingegen deutlich, besonders dann, wenn man die geringeren Tierzahlen in diesem Versuchsabteil berücksichtigt. Es sind unterschiedliche Emissionsniveaus während der drei zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführten Mastdurchgänge erkennbar.

Ein ähnliches Bild wie bereits bei den NH_3-Emissionsraten stellt sich auch bei den CH_4-Emissionsraten dar (Abb. 6). Der Unterschied zwischen den Außenklima-Versuchsabteilen und dem konventionellen Warmstall ist noch ausgeprägter als bei den NH_3-Emissionsraten. Der Anstieg der Emissionsraten in jedem der 3 Mastdurchgänge bis zum ersten Ausstallen ist nur in den Außenklima-Versuchsabteilen zu erkennen, im konventionellen Warmstall treten auch zu Beginn des zweiten Mastdurchganges (16.6.99) bereits höhere CH_4-Emissionsraten auf.

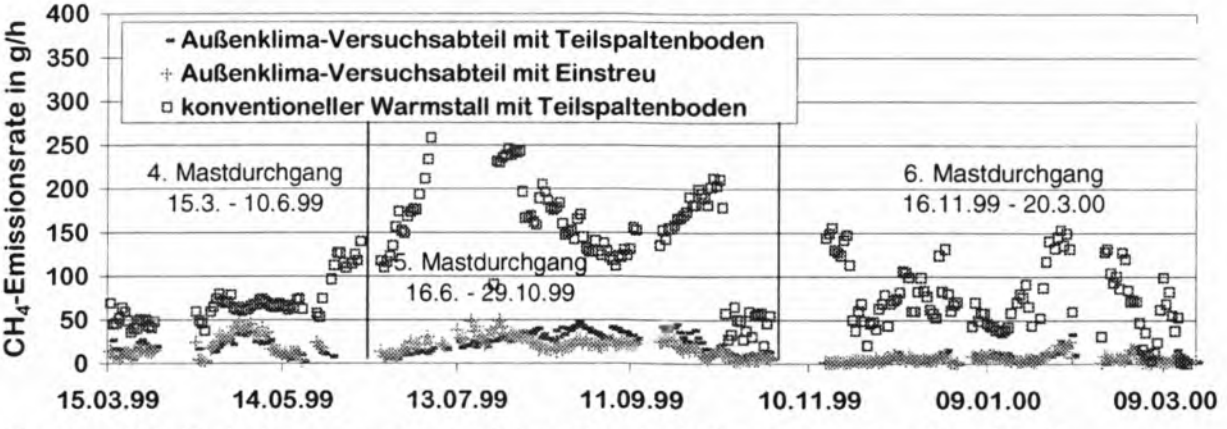


Abb. 6: CH_4-Emissionsraten aus drei Mastschweinehaltungssystemen über 1 Jahr
CH_4-emission from three systems for fattening pigs during one year

Bei der Betrachtung der CO_2-Emissionsraten wird wieder die Übereinstimmung der Emissionsraten aus den beiden Außenklima-Versuchsabteilen deutlich, die Emissionen aus dem konventionellen Warmstall liegen meist darüber. Auf ein Tier bezogen würde der Unterschied noch stärker auffallen, da die Emissionsrate in den Außenklima-Versuchsabteilen für 64 Tiere, im Warmstall für nur 52 Tiere dargestellt ist. Obwohl das Tiermaterial (Alter, Rasse, Geschlecht) dasselbe ist, unterscheiden sich die CO_2-Emissionsraten zwischen dem konventionellen Warmstall und den Außenklima-Versuchsabteilen beträchtlich (Abb. 7) - von einer unterschiedlichen CO_2-Produktion aus den Exkrementen ist somit auszugehen.

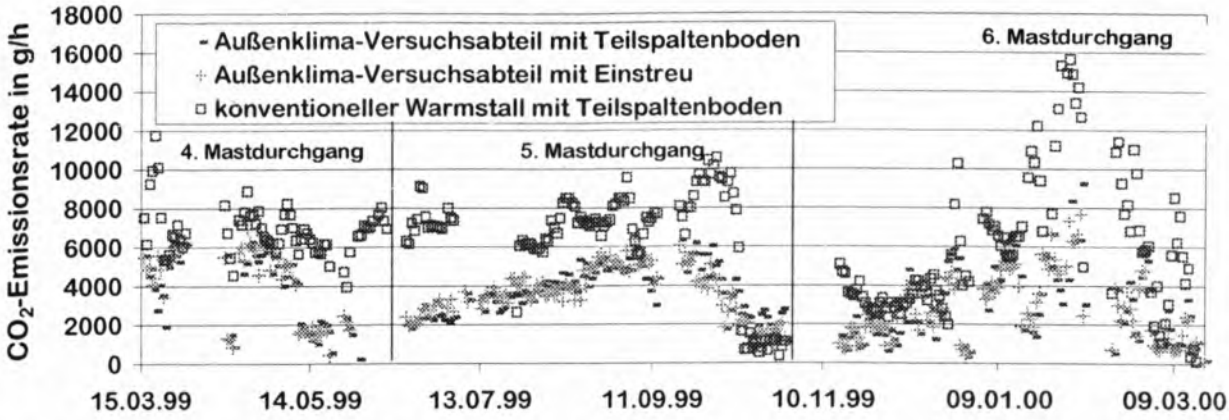


Abb. 7: CO_2-Emissionsraten aus drei Mastschweinehaltungssystemen über 1 Jahr
CO_2-emission from three systems for fattening pigs during one year

Zusammenfassend fallen bei allen betrachteten Emissionsraten die nur geringen Unterschiede zwischen den beiden Außenklima-Versuchsabteilen mit Teilspaltenboden und mit Einstreu im Gegensatz zu den großen Unterschieden zum konventionellen Warmstall auf. Die Emissionsraten beginnen in den Außenklimaställen auf einem niedrigen Niveau und nehmen bis zum 90. Masttag zu, ab da sinkt die Emissionsrate mit rückläufigen Tierzahlen in den Abteilen. Wegen dieses variablen Emissionsgeschehens ist für gesicherte Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Mastschweine eine Dauermessung über mindestens 2 Mastdurchgänge durchzuführen, um sowohl tageszeitliche wie auch saisonale Schwankungen zu erfassen.

Comparison of the emission rates of climatic and ecosystem affecting gases from fattening pigs during a long-term measurement

RATHMER, BARBARA; ANDREAS GRONAUER AND HANS SCHÖN

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, TU-München Weihenstephan, Am Staudengarten 3, D-85350 Freising

Emissions of NH_3, CH_4 and N_2O adversely affect environment and climate. In this project, emissions of two outdoor-climate housing systems for fattening pigs, one with partly slatted floor, one with straw, are compared with the emissions of a heat insulated system with forced ventilation. To measure the air flow of the outdoor-climate systems, the two experimental compartments were air tightly chambered, according to the method of the dynamic chamber.

The air flow is continuously detected by measuring fans, the gas concentrations by a photo acoustic infrared spectrometer, regularly calibrated and checked at a gas mixing station at the Bavarian Research Centre of Agricultural Engineering.

The daily emission rates of NH_3, CH_4 and CO_2 of one year of the three examined systems are figured. In the outdoor-climate compartments low emissions at the beginning of the fattening period are visible up to higher emissions when the first animals leave the stable. The emission rates in the outdoor-climate stable were much lower than the emission rates of the heat insulated system with forced ventilation.

Neue Entwicklungen der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung in Österreich

AMON, THOMAS, DRAGOMIR JEREMIC UND JOSEF BOXBERGER

Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik (ILUET), Universität für Bodenkultur, Nussdorfer Lände 29 - 31, A-1190 Wien

1 Potentiale

In Österreich sind derzeit 100 Biogasanlagen mit einer durchschnittlichen elektrischen Leistung von 50 kW in Betrieb. Etwa die Hälfte der Anlagen wurde in den vergangenen vier Jahren in Betrieb genommen. Insgesamt sind derzeit ein starkes Interesse am Neubau landwirtschaftlicher Biogasanlagen und eine rege Bautätigkeit zu beobachten.

Neben dem Wirtschaftsdünger aus der Nutztierhaltung eignen sich zur Biogaserzeugung auch Energiepflanzen wie Mais, Zucker- oder Futterrüben, Getreide, Kartoffeln oder auch Ernterückstände wie Zuckerrübenblätter oder Biomasse von Ackerfutterflächen oder Dauergrünland. Wesentlich ist, dass die zur Energieerzeugung genutzten Flächen jederzeit wieder für die Lebensmittelerzeugung verfügbar sind (food → non-food → food strategy) (WOHLMEYER ET AL. 1994). Je nach zu Grunde gelegter Anlagengröße sind 14.000 bis 46.000 Biogasanlagen im gesamten Bundesgebiet Österreichs erforderlich, um die vorhandenen Potentiale zu nutzen. Durch die Erstellung und den Betrieb der Biogasanlagen können langfristig 13.000 Arbeitsplätze neu entstehen. Neben den wichtigen ökologischen Wirkungen in den Bereichen des Umwelt- und Klimaschutzes ergeben sich durch die Förderung der Entwicklung ländlicher Räume wesentliche sozioökonomische Vorteile. Für die Betreiber landwirtschaftlicher Biogasanlagen ist neben der Erzeugung umweltfreundlicher und kostengünstiger Energie aus organischem Dünger weiters eine verbesserte Düngewirkung des vergorenen Düngers und die damit einhergehende Einsparung beim Düngerzukauf von Bedeutung. Während und nach der Ausbringung des Düngers ist eine wesentliche Minderung der Geruchsbelastung zu erwarten.

Die wesentlichen Energiepotentiale der Biogasgewinnung liegen in der gemeinsamen Vergärung von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen (Cofermentation). Wie Berechnungen auf der Basis von Inhaltsstoffen zeigen (LINKE ET AL. 1999), können bei durchschnittlichen Erträgen von einem Hektar Anbaufläche 4800 m^3 Methan (Silomais), 3056 m^3 Methan (Luzerne) und 2087 m^3 Methan (Futterrüben) erwartet werden. In Österreich ergibt sich beim derzeit vorhandenen Tierbestand und den nutzbaren Acker- und Dauergrünlandflächen eine technisch nutzbare Biomasse von 40 Mio. t Frischmasse pro Jahr. Auf die Wirtschaftsdünger entfällt dabei ein Anteil von etwa 60 %. Etwa 38 % entfallen auf die Biomasse der Energiepflanzen. Außerlandwirtschaftliche Reststoffe haben nur einen marginalen Anteil von etwa 2 %.

Die Kalkulation unterstellt, dass 20 % der Ackerfläche zum Energiepflanzenanbau genutzt werden, auf 20 % der Ackerfläche Energiepflanzen als Zwischenfrüchte erzeugt und 20 % der Biomasse des Dauergrünlandes genutzt werden. Weiterhin wird von einem durchschnittlichen oTS Ertrag von 7 t/ha ausgegangen. Die Hälfte des anfallenden Wirtschaftsdüngers und alle geeigneten außerlandwirtschaftliche Reststoffe werden zur landwirtschaftlichen Biogaserzeugung genutzt.

Aus der Gärgutmenge können der Biogasertrag und daraus die nutzbare Strom- und Wärmemenge berechnet werden (Tab. 1). Dargestellt sind die Nettoerträge unter Berücksichtigung aller Strom- und Wärmewirkungsgrade der Biogasanlage und des Blockheizkraftwerkes.

Tab. 1: Erzeugung von Strom und Wärme durch Biomethanisierung von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen
Electricity and heat generation from anaerobic digestion of animal wastes and energy plants

Energie aus	Strom [GWh/a]	Wärme [GWh/a]	rel. Anteil [%]
Wirtschaftsdünger	1.350	1.850	27,5
Energiepflanzen	3.550	4.850	72,5
Summe	4.900	6.700	100,0

Aus energetischer Sicht fällt auf, dass den Energiepflanzen im Vergleich zum Wirtschaftsdünger mit einem Anteil von rund 70 % eine überragende Bedeutung zukommt. Was gleichzeitig bedeutet, dass Anlagentechniken erforderlich sind, in denen Wirtschaftsdünger zusammen mit Energiepflanzen vergoren werden können. Auf diese Weise könnten in Österreich etwa 4.900 GWh/a elektrischer Strom und 6.700 GWh/a Wärme erzeugt werden. Das entspricht ca. 10 % der inländischen Stromerzeugung bzw. dem optimierten Wärmeenergiebedarf von 448.000 Einfamilienhäusern.

Insgesamt können die CO_2-Emissionen in Österreich durch die landwirtschaftliche Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen jährlich um 5,2 Mio. t CO_2-Äquivalente vermindert werden. 41,9 % des CO_2-Reduktionspotentials entfallen auf die Vermeidung von Methanemissionen während der Wirtschaftsdüngerlagerung, auf die Erzeugung regenerativer Energie aus Energiepflanzen entfallen 41,4 %, auf die Energieerzeugung aus Wirtschaftsdüngern 15,7 % des Gesamtreduktionspotentials. Ein Biogasanlagenbetreiber würde im Mittel 400 t CO_2/a vermeiden. Das entspricht der durchschnittlichen CO_2-Emission von 40 EU-Bürgern.

Tabelle 2 zeigt zusammenfassend die ökologischen und sozio-ökonomischen Wirkungen, die durch die Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und organischen Reststoffen erzielt werden können.

Tab. 2: Ökologische und sozio-ökonomische Wirkungen der Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und organischen Reststoffen in Österreich
Ecological and socio-economic effects of anaerobic digestion of animal wastes, energy plants and organic residues in Austria

Bereich	Wirkung
CO_2-Einsparung	5,2 Mio t CO_2-Äquiv./a
Erforderliche Biogasanlagen	13.600 bis 46.100
Beschäftigungswirkung	12.900 Arbeitsplätze
Investitionsvolumen [1)]	ca. 150 Mio. Euro pro Jahr

[1)] Größe der Anlagen 100 GVE, Investitionsvolumen pro Anlage 220.000 Euro, Umsetzungszeitraum 20 Jahre

2 Methangärung

Die Art und die Zusammensetzung der Inputstoffe, deren Aufbereitung und die Gärtechnik haben wesentlichen Einfluss auf den Verlauf der Methangärung. Sie beeinflussen damit auch die spezifische Methanausbeute. Ein wichtiges Erfordernis ist es, Gärgutmischungen auf der Basis von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen zu finden, die einen optimalen Ablauf der Methangärung ermöglichen und einen maximalen spezifischen Methanertrag bei möglichst konstanter Biogasqualität gewährleisten.

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der durchschnittlichen monatlichen Methanausbeute von Rinder- und Schweinefestmist, der in einer Biogasanlage erzielt wurde, die nach dem neuesten ÖKL-Standard[1] erbaut wurde. Deutlich zu erkennen sind ausgeprägte Schwankungen der spezifischen Methanausbeute im Jahresverlauf. Während in den Sommermonaten Juni, Juli, August deutlich mehr als 300 m^3 Methan pro Tonne organische Trockensubstanz aus dem Festmistgemisch gebildet werden, liegt die spezifische Methanausbeute in den Frühjahrs-, Herbst- und Wintermonaten immer unter 270 m^3 Methan pro Tonne organische Trockensubstanz. Im April liegt sie sogar unter 200 m^3 Methan pro Tonne organischer Trockensubstanz.

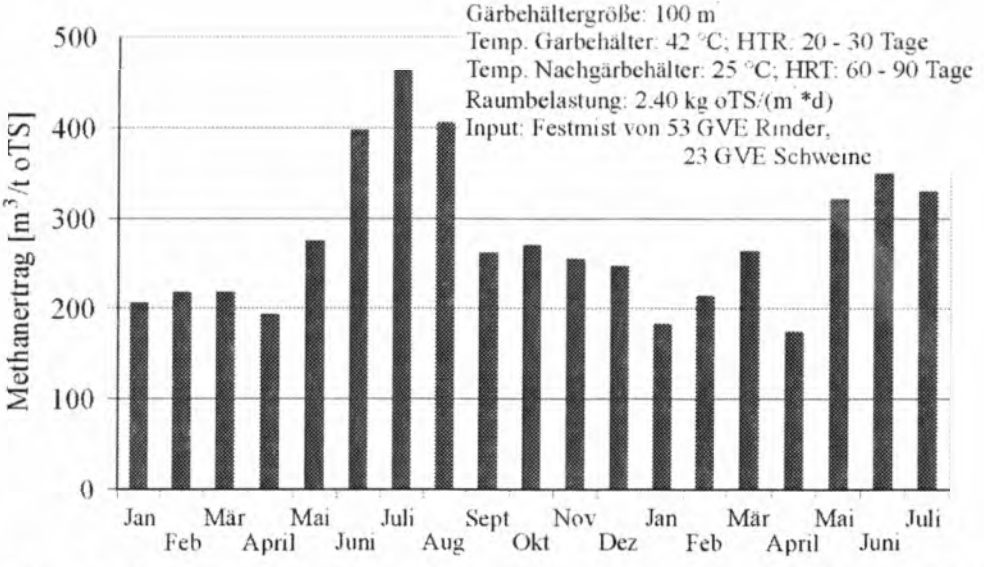


Abb. 1: Spezifischer Methanertrag aus der Vergärung von Milchvieh- und Schweinefestmist
Specific methane yield from anaerobic digestion of cattle and pig farmyard manure

Mit dem Wechsel von der Winter- zur Sommerfütterung geht ein deutlicher Anstieg der spezifischen Methanausbeute einher. Von der Herbst- zur Winterfütterung bis zum Beginn der Sommerfütterung nimmt die spezifische Methanausbeute kontinuierlich ab, bis sie im April das Minimum erreicht hat. Die Umstellung von der Winter- zur Sommerfütterung im April hemmt die Methangärung, was in der verminderten spezifischen Methanausbeute zum Ausdruck kommt. Die spezifische Methanausbeute wird von der Verdaulichkeit des Grundfutters wesentlich beeinflusst. Wirtschaftsdünger aus leicht verdaulichem Grundfutter ist für Bakterien der Methangärung im Gärbehälter besser verfügbar als Wirtschaftsdünger aus rohfaserreichem Winterfutter. Um einen hohen Methanertrag zu erreichen, sollten Futterumstellungen oder Änderungen der Gärgutzusammensetzung langsam und allmählich vorgenommen werden, damit sich die Mikroorganismen daran gewöhnen können und in ihrer

[1] ÖKL = Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung

Stoffwechselaktivität nicht gehemmt werden. Eine stoßweise Belastung mit leicht abbaubaren Substraten ist zu vermeiden. Dadurch wird ein sicherer Verlauf der Methangärung mit hohem spezifischen Methanertrag und hoher Qualität des Biogases erreicht.

3 Verfahrenstechnik

Neben der Art und Zusammensetzung des Gärgutes beeinflusst die verwendete Gärtechnik die Methanbildung wesentlich. In Österreich werden landwirtschaftliche Biogasanlagen nach einheitlichen technischen und sicherheitstechnischen Richtlinien, dem „ÖKL-Standard für landwirtschaftliche Biogasanlagen" (AMON ET AL. 1999a, 1999b, 1999c) konsequent, flächendeckend im gesamten Bundesgebiet umgesetzt.

Wesentliche Kriterien des ÖKL-Standards sind:

- die hygienisch einwandfreie Verwertung außerlandwirtschaftlicher organischer Reststoffe;
- die Möglichkeit der Zwischenlagerung für organische Reststoffe, Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen;
- die Trennung von Haupt- und Nachgärung (Durchfluss-Speicher-Verfahren);
- der Anschluss aller Gärgut führenden Behälter an das gasführende System, da ca. 1/3 des Biogases im Nachgärbehälter gebildet wird;
- die Speichermöglichkeit des Biogases mit einer Kapazität von 1/2 bis 1 Tagesproduktion;
- die Möglichkeit zur Erzeugung von grünem Spitzenstrom und die vollständige Wärmeverwertung;
- der vergorene Dünger wird bodennah in die Vegetation ausgebracht.

4 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Biogasanlagen wird maßgeblich vom Umfang der Investition, der Cofermentation mit außerlandwirtschaftlichen organischen Reststoffen, der Cofermentation mit Energiepflanzen sowie von der Höhe des Preises für den erzeugten elektrischen Strom bestimmt. Die Analyse des Einflusses dieser Faktoren auf die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Biogasanlagen wird mit dem Kalkulationsprogramm „ECOGAS" durchgeführt, welches in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Agrarökonomik und dem I-LUET der Universität für Bodenkultur entwickelt wurde.

Kalkuliert wird nach dem Modell der vollständigen Finanzierung: der jährliche „Cash-flow" sämtlicher Einnahmen und Ausgaben über die Lebensdauer der Biogasanlage, dazu die Entwicklung der Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals (vollständige Bilanzierung). Die Kalkulation geht anhand aktueller Marktpreise von einer Investitionshöhe von 220.000 Euro für eine Biogasanlage (100 GVE) ohne Cofermentation bzw. von einer Investitionssumme von 246.000 Euro für eine Biogasanlage (100 GVE) bei Cofermentation mit 400 t Energiepflanzen pro Jahr aus. 30 % der Investition werden als Zuschuss gewährt und 50 % der Investition als zinsverbilligtes (3%) Darlehen. Als mittlerer Strompreis werden 0,11 Euro pro kWh angesetzt.

Das Ergebnis der Kalkulation zeigt, dass mit Wirtschaftsdünger alleine ein wirtschaftlicher Betrieb landwirtschaftlicher Biogasanlagen nicht möglich ist (Abb. 2). Die Cofermentation fetthaltiger organischer Reststoffe ermöglicht bei einem Mindestanteil von 20 % oTS im

Vergleich zum Wirtschaftsdünger einen wirtschaftlichen Betrieb. Derart hohe Zusatzmengen sind aber weder verfügbar noch sinnvoll. Die Cofermentation von 400 t/a Energiepflanzen ermöglicht bis zum 15. Betriebsjahr einen Überschuss von 125.734 Euro und eine Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals von 15,7 %. Wenn der Strompreis um 0,015 Euro/kWh steigt, ergibt sich bei sonst gleichen Bedingungen ein Überschuss von 226.841 Euro und eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals von fast 20 %. Ohne Förderung der Investition liegt die Wirtschaftlichkeit selbst bei einem Cofermentationsanteil von 400 t Energiepflanzen und dem Wirtschaftsdünger von 100 GVE an der Rentabilitätsschwelle.

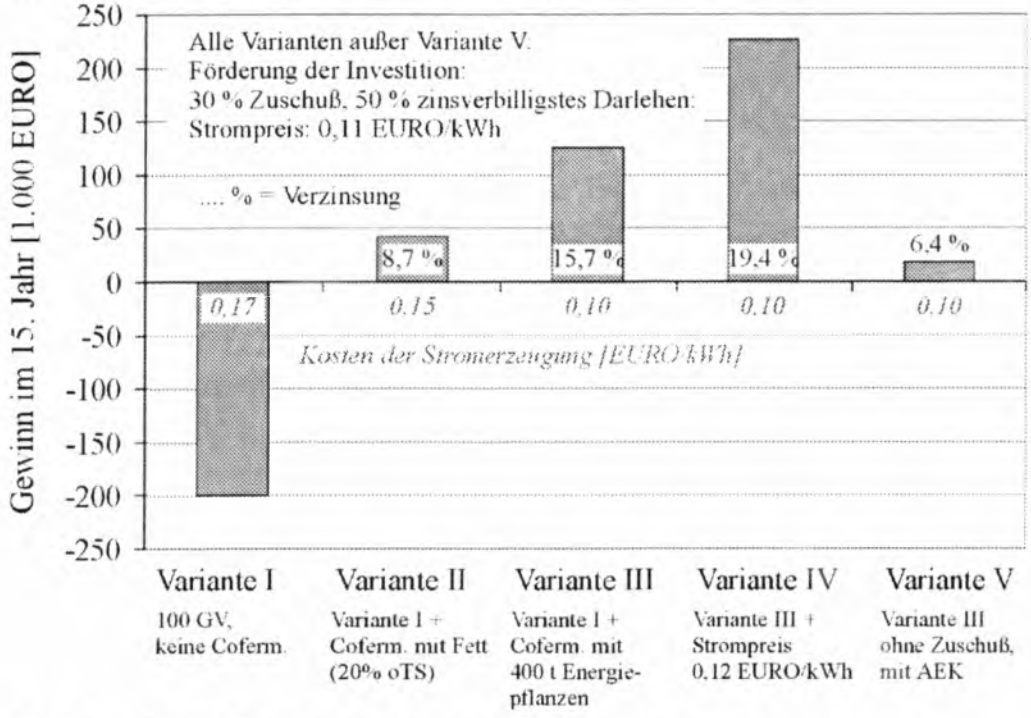


Abb. 2: Rentabilität der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung
Economic efficiency of agricultural biogas plants

5 Literatur

AMON, T., W. GRAF, G. JÜNGLING, J. LINDWORSKY, ÖKL-ARBEITSGRUPPE ENERGIE (1999a): Landwirtschaftliche Biogasanlagen. Technisches ÖKL-Merkblatt Nr. 61, 3. Auflage, ÖKL (Hrsg.)

AMON, T., W. GRAF, G. JÜNGLING, J. LINDWORSKY, ÖKL-ARBEITSGRUPPE ENERGIE (1999b): Sicherheitstechnik und Genehmigungsablauf für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Technisches ÖKL-Merkblatt Nr. 62, 2. Auflage, ÖKL (Hrsg.)

AMON, T., K. HOPFNER, J. BOXBERGER, ÖKL-ARBEITSGRUPPE ENERGIE (1999c): Organische Reststoffe für die Cofermentation in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Technisches ÖKL-Merkblatt Nr. 65, 1. Auflage, ÖKL (Hrsg.)

LINKE, B., K. BAGANZ UND R. SCHLAUDERER (1999): Nutzung von Feldfrüchten zur Biogasgewinnung. Agrartechnische Forschung 5 (1999) H. 2, S. 82 - 90

WOHLMEYER, H., R. DIETRICH, D. NAGELSTÄTTER UND H. STEINMÜLLER (1994): Neue Aufgaben für die Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit. Agrarvermarktung in Österreich, Service Fachverlag

New developments in agricultural biogas production in Austria

AMON, THOMAS, DRAGOMIR JEREMIC AND JOSEF BOXBERGER

Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik (ILUET), Universität für Bodenkultur, Nussdorfer Lände 29 - 31, A-1190 Wien

Agricultural biogas production is most efficient, if animal wastes are co-digested with energy plants that are grown on arable land and grassland. In Austria, 40 Mio t of biomass per year could be anaerobically digested, 60 % of which are animal wastes, 38 % energy plants and 2 % non-agricultural organic residues. Thus, 4,900 GWh a^{-1} electricity and 6,700 GWh a^{-1} heat could be produced from renewable energy sources. This would reduce CO_2 emissions by 5.2 mio t CO_2-equ. per year. Agricultural biogas production not only offers ecological benefits, but socio-economic benefits, as well. About 13,000 new working situations would be created in rural areas if the potentials of agricultural biogas production were exploited.

Anaerobic digestion of animal wastes and energy plants must aim at a high methane yield and a stable and safe operation of the biogas plants. Methane yield is strongly dependent both on composition of input substrates and on biogas plant management. If input substrates contain highly degradable organic matter, methane yield increases. However, peak additions of easily degradable organic matter decreases methane yield as methanogens need time to adapt to changes in composition of input material.

The Institute of Agricultural, Environmental and Energy Engineering (ILUET) developed standardised guidelines for the building and operation of agricultural biogas plants in Austria and adapted biogas technology to the digestion of farmyard manure. The guidelines guarantee a cost effective building and a safe operation of biogas plants. Co-digestion of non-agricultural organic wastes is regulated, as well. This helps to enhance the implementation of biogas technology on farms.

Economic efficiency is calculated by the computer program "ECOGAS". Prerequisites for an economically efficient operation are the co-digestion of animal wastes and energy plants, subsidies for the building of biogas plants and good management that results in a high methane yield.

Investitionsbedarf landwirtschaftlicher Biogasanlagen und deren Wirtschaftlichkeit

OECHSNER, HANS UND MATTHIAS KNEBELSPIEß

Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

1 Einleitung

Nach Schätzung des Fachverbandes Biogas e.V. werden in Deutschland derzeit mehr als 1.000 landwirtschaftliche Biogasanlagen betrieben. Der größte Teil davon ist im Laufe der vergangenen zehn Jahre gebaut worden. Die Ursache für die Investition landwirtschaftlicher Betriebe in diesem Bereich liegt in den relativ günstigen Rahmenbedingungen, die in den vergangenen Jahren zum Tragen kamen, wie z.B. eine Festlegung des Stromeinspeisepreises für Biogasstrom auf 0,20 DM/kWh im Erneuerbaren Energien-Gesetz oder die Ausschüttung von öffentlichen Fördermitteln für den Bau landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Viele Betriebe waren in der Lage, durch die Nutzung der Kofermentation die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Biogasanlagen wesentlich zu verbessern.

Vor dem Hintergrund der momentan sehr starken Nachfrage nach dem Bau von Biogasanlagen in der Landwirtschaft ist es sinnvoll, interessierten Landwirten bereits bei Planungsbeginn möglichst zuverlässige und objektive Daten zur erforderlichen Investition zum Bau von Biogasanlagen zur Verfügung zu stellen. Mit derartigen Vergleichs- bzw. Kalkulationsdaten lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlagen in einem sehr frühen Planungsstadium abschätzen. Angebote von Firmen können durch einen Vergleich mit diesen Daten sehr gut eingeordnet und bewertet werden. Im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogrammes „Kalkulationsunterlagen" wurde die Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen (Leiter: Dipl.-Ing. K. Maurer) damit beauftragt, Kalkulationsdaten landwirtschaftlicher Biogasanlagen zu erheben. Die Erfassung der Daten erfolgte in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Mannheim, Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen (Prof. Dr. W. Kohl).

2 Kostenblockmethode

Um möglichst aktuelle Zahlen über die Kosten landwirtschaftlicher Biogasanlagen zu erhalten, wurden die Daten ab 1995 erstellter und finanziell abgerechneter Biogasanlagen verwendet. Die Daten stammen von den Regierungspräsidien Baden-Württembergs, von der bayerischen Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur (LD U. Keymer) sowie von insgesamt neun Planungsbüros bzw. Firmen, die im Bereich Biogasanlagenbau tätig sind. Für die Auswertung standen insgesamt 171 verwertbare Datenpaare zur Verfügung. Außerdem wurden vom Bundesamt für Wirtschaft Investitionsdaten von 70 landwirtschaftlichen Biogasanlagen zur Verfügung gestellt. Um die Investitionsdaten bei der späteren Auswertung so flexibel als möglich nutzen zu können, erfolgte die Betrachtung nach der Kostenblockmethode. Die einzelnen Kostenpositionen wurden in die Kostenblöcke **Fermenter, Gasnutzung** und **Zusatzausrüstung für Kofermentation** eingeteilt.

Bei der genauen Betrachtung der spezifischen Investitionen bezogen auf das Fermentervolumen zeigt sich beim Kostenblock Fermenter eine deutliche Degression der spezifischen Investitionskosten bei zunehmendem Fermentervolumen. Auch im Bereich der Gasnutzung ergab sich eine deutliche Degression der Investitionskosten mit zunehmender elektrischer Leistung der Biogasmotoren. Beim Kostenblock Zusatzausrüstung für Kofermentation zeigt sich, dass diese eine gewisse Schwelleninvestition erfordert, was hohe Einstiegskosten hervorruft und damit vor allem für kleinere Betriebe Nachteile bringt.

3 Betriebsbedingungen von Modellanlagen

Um die verschiedenen Kostenblöcke kombinieren zu können, müssen sie auf eine einheitliche Bezugsgröße übertragen werden. Hierzu ist eine Reihe von Abhängigkeiten zu definieren und es müssen Modellanlagen konzipiert werden. Für die Entwicklung von Modellanlagen wurden folgende Definitionen vorgenommen: hydraulische Verweilzeit: 40 Tage, täglicher Gülleanfall: 50 l/GV und Tag, organischer Trockensubstanzgehalt von Flüssigmist (oTS): 7 %, oTS-Gehalt von Kosubstrat: 20 %, Gaserträge aus Flüssigmist (Milchvieh): 200 l Methan/kg oTS_{zu}, Gasertrag aus Kosubstrat: 500 l Methan/kg oTS_{zu} (als Kosubstrat werden ausschließlich energiereiche Abfallfette eingesetzt), Lagerdauer des Biogases: 12 Stunden, elektrischer und thermischer Wirkungsgrad des Blockheizkraftwerkes: jeweils 30 %. Es wird angenommen, dass die tägliche Laufzeit des Blockheizkraftwerkes bei durchschnittlich 18 Stunden liegt.

Die Modellbetriebe sollen jeweils Vergärungsanteile an Kosubstrat von 0, 10, 20 bzw. 50 % nutzen. Die Modellanlagen werden für Betriebsgrößen von 50, 100, 200, 250, 500 und 1000 Großvieheinheiten (GV) ausgelegt. Als Grundverfahren der Modellbiogasanlagen wurde ein stehender Betonbiogasfermenter eingesetzt, der im Durchfluss betrieben wird. Die Elektroinstallation des Fermenters beinhaltet alle Elektroarbeiten am Fermenter. Der Anschluss des BHKW an das Netz des Energieversorgers kann zusätzliche Kosten verursachen, speziell wenn eine stärkere Anschlussleitung gelegt werden muss. Diese Kosten sind in der Modellbetrachtung nicht berücksichtigt. Da die Vorgrube und der Lagerbehälter für Flüssigmist übliche Bestandteile des Stallgebäudes sind, blieben diese bei der Kalkulation ebenfalls unberücksichtigt. Lediglich wenn Kofermentation betrieben wird und dadurch zusätzliche Annahmebehältnisse bzw. zusätzliches Volumen für die Lagerung des ausgefaulten Kosubstrates erforderlich ist, wurde dies in die Kalkulation einbezogen. Kosten für das Baugelände, die Planung und Genehmigung der Biogasanlage sind bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Bei allen angesetzten Investitionen handelt es sich um Nettobeträge.

Mit Hilfe der näheren Erklärung der Betriebsweise und der Rahmenbedingungen ist es nun möglich, eine Betrachtung der spezifischen Gesamtinvestitionen in Abhängigkeit vom Fermentervolumen vorzunehmen (Abb. 1). Beispielhaft ist hier die Investition für Betriebe unterschiedlicher Größe dargestellt, bei denen 80 % des zu vergärenden Substrates aus tierischen Exkrementen bestehen und ein 20 %iger Anteil an Kosubstrat vergoren wird.

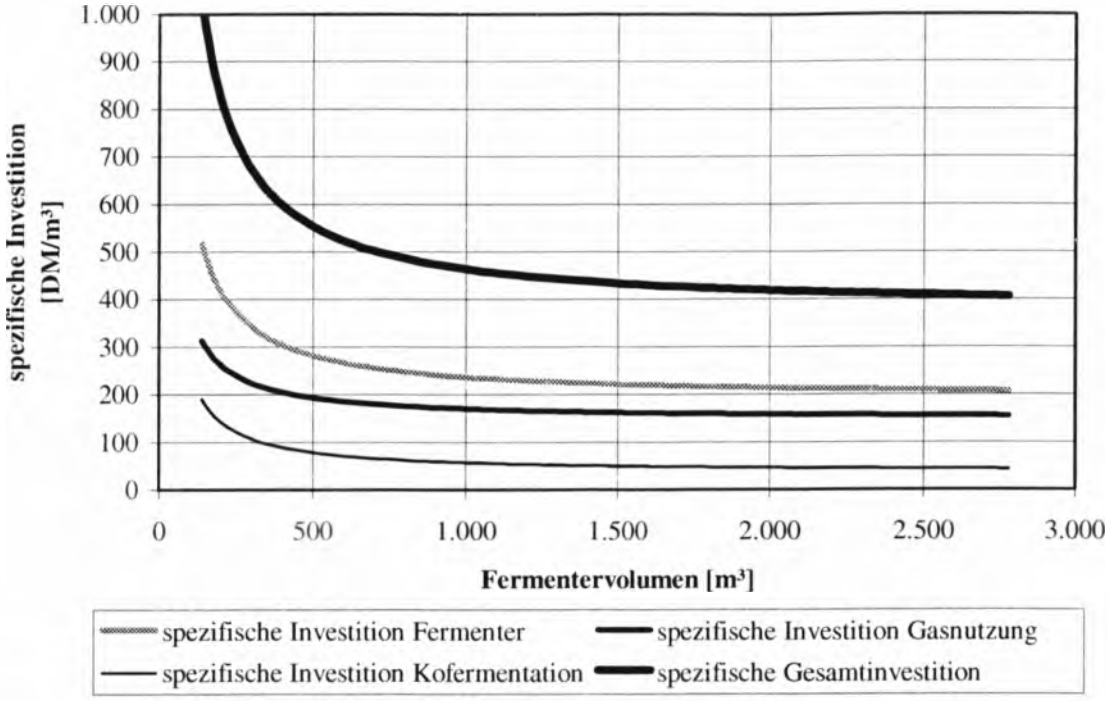


Abb. 1: Spezifische Investition von Biogasanlagen in Abhängigkeit der Fermentergröße bei einem Kosubstratanteil von 20 Vol%
Specific investment of biogas-plants in dependance on digestervolume at a co-substrate-percentage of 20 %

4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Anhand der Modellbiogasanlagen wurde im Rahmen dieses Projektes die Wirtschaftlichkeit der betrachteten Biogasanlagen untersucht. Hierbei ist eine Nutzungsdauer des baulichen Teils von 16 Jahren und der Technik von 8 Jahren zugrundegelegt. Es wurde mit einem Zinsaufwand von 6 % der Investition, Kosten für Reparaturen und Wartung mit 1 % (Bau) bzw. 4 % der Investitionen (Technik) sowie Versicherungskosten mit 0,2 % der Investitionen gerechnet. Außerdem gehen noch die Arbeitszeit und der Zündölverbrauch in die Wirtschaftlichkeitskalkulation mit ein. Für die nutzbare Wärme werden 0,10 DM/kWh angesetzt. Für die Aufnahme an Kosubstrat wird mit einem Entsorgungserlös von 35 DM/t aufgenommenes Substrat gerechnet.

Tabelle 1 zeigt beispielhaft, wie die Gewinn- und Verlustsituation eines landwirtschaftlichen Betriebes mit 100 Großvieheinheiten aussieht, wenn er keine bzw. unterschiedliche Zusatzmengen an Kosubstraten nutzt, wenn er Fördermittel in Anspruch nehmen kann oder wenn er einen höheren Methanertrag aus Flüssigmist (250 l Methan pro kg oTS_{zu} z.B. mit Schweineflüssigmist) erwirtschaftet. Bei der Kalkulation zeigt sich der positive Wirtschaftlichkeitseinfluss des Zusatzes von Kosubstrat. Der 100 GV-Milchviehbetrieb erwirtschaftet bei reiner Güllevergärung ohne Förderung einen Verlust in Höhe von 2498 DM. Bei 50 %igem Kosubstratanteil kann ein Gewinn von etwa 120.000 DM erzielt werden. Eine staatliche Förderung in Höhe von 30 % der Investition bringt einen 100 GV- Betrieb ohne Kofermentation in den Gewinnbereich (2560 DM/a). Durch einen höheren Methanertrag aus Flüssigmist wird sogar ohne Förderung ein positives Bilanzergebnis erzielt (652 DM/a).

Tab. 1: Wirtschaftlichkeitskalkulation eines 100 GV-Biogas-Betriebes
Economical calculation of a biogas-farm with 100 livestock units

Substratart		**Schweinegülle**	**Rindergülle**		
Spezifischer Methanertrag		**250 l/kg oTS**	**200 l/kg oTS**		
Verhältnis von Gülle zu Kosubstrat	**%**	**100 : 0**	**100 : 0**	**80 : 20**	**50 : 50**
Tägliche Kosubstratmenge	m³/d	0	0	1,25	5
Arbeitszeit für Anlagenunterhaltung	h/a	166	166	330	719
Fermentervolumen (brutto)	m³	222	222	278	444
Methanproduktion Gesamt	m³/d	88	70	195	570
Jahresenergie (brutto)	KWh/a	351.313	281.050	782.925	2.288.550
Aggregatgröße	kW	16	13	36	105
Kosten					
Kosten Fermenter	DM	87860	87860	98490	130380
Kosten Gasnutzung	DM	41.526	37.864	64.021	142.492
Kosten Kofermentation	DM	0	0	31393	61130
Gesamtkosten der Anlage (netto)	DM	129.386	125.724	193.904	334.002
Spezifische Investition pro GV (netto)	DM/GV	1.294	1.257	1.939	3.340
Jährliche Betriebskosten	**DM/a**	24.369	23.303	40.656	81.478
Erträge					
Ertrag aus Wärmeeinsparung	DM/a	3942	3942	3942	3942
Ertrag aus Stromüberschuss	DM/a	15.852	11.636	41.749	132.086
Ertrag aus Stromeinsparung	DM/a	5227	5227	5227	5227
Ertrag aus Kosubstratverwertung	DM/a	0	0	15969	63875
Jährliche Erträge	**DM/a**	25.021	20.805	66.886	205.130
Gewinn / Verlust ohne Förderung	**DM/a**	652	-2.498	26.231	123.652
Stromgestehungskosten ohne Kosubstraterlös	DM/kWh	0,194	0,230	0,156	0,113
Stromgestehungskosten mit Kosubstraterlös	DM/kWh			0,088	0,020
Mit Förderung[1)]					
Förderung (30 % der Investition)	DM	38.816	37.717	48.753	81.862
Gesamtkosten d. Anlage mit Förderung	DM	90.570	88.007	145.151	252.141
Jährliche Betriebskosten	DM/a	19.164	18.245	34.118	70.500
Gewinn / Verlust mit 30 % Förderung	**DM/a**	5.857	2.560	32.768	134.630
Stromgestehungskosten ohne Kosubstraterlös	DM/kWh	0,144	0,170	0,128	0,097
Stromgestehungskosten mit Kosubstraterlös	DM/kWh			0,060	0,004

[1)] Förderung nur für Fermenter und Gasnutzung, nicht für Kofermentation

In Abbildung 2 sind die **Stromgestehungskosten** der Modellbiogasanlagen unterschiedlicher Größe, ohne Förderung bei unterschiedlichen Anteilen an Kosubstraten aufgezeigt. In dieser Darstellung wird deutlich, dass die Betriebe mit 50 bzw. 100 Milchvieh-GV ohne Förderung und ohne Kosubstrataufnahme unter Zugrundlegung der zuvor beschriebenen Annahmen Stromgestehungskosten von 0,308 bzw. 0,230 DM/kWh erzielen. Diese liegen in der Regel über den üblichen Bezugskosten von Strom aus dem Netz des Energieversorgers.

Schweinehaltungsbetriebe haben aufgrund der höheren Biogasausbeute aus dieser Art Flüssigmist bessere Wirtschaftlichkeitsbedingungen. Für landwirtschaftliche Betriebe können die Kosten der Stromgestehung durch Aufnahme von Kosubstrat deutlich gesenkt werden, so dass sogar ein Betrieb mit 50 Milchvieh-GV ohne Förderung und ohne Vergütung der Kosubstrataufnahme bei einem Kosubstratanteil von etwa 20% bereits bei ca. 0,202 DM/kWh für die

Erzeugung des Stromes und damit kostenneutral liegt. Erhält der Betreiber der Kofermentationsanlage für die Abnahme des Substrates den oben genannten Betrag von 35 DM pro Tonne, so kann er bei einem Kosubstratanteil von 20 % mit Stromgestehungskosten von 0,134 DM/kWh rechnen. Bei großen Betrieben mit höheren Anteilen an Kosubstraten kann der Strom zum Teil sogar völlig kostenfrei erzeugt werden, da die jährlichen Gesamtkosten der Biogasanlage bereits durch die Vergütung der Entsorgung organischer Abfälle gedeckt werden.

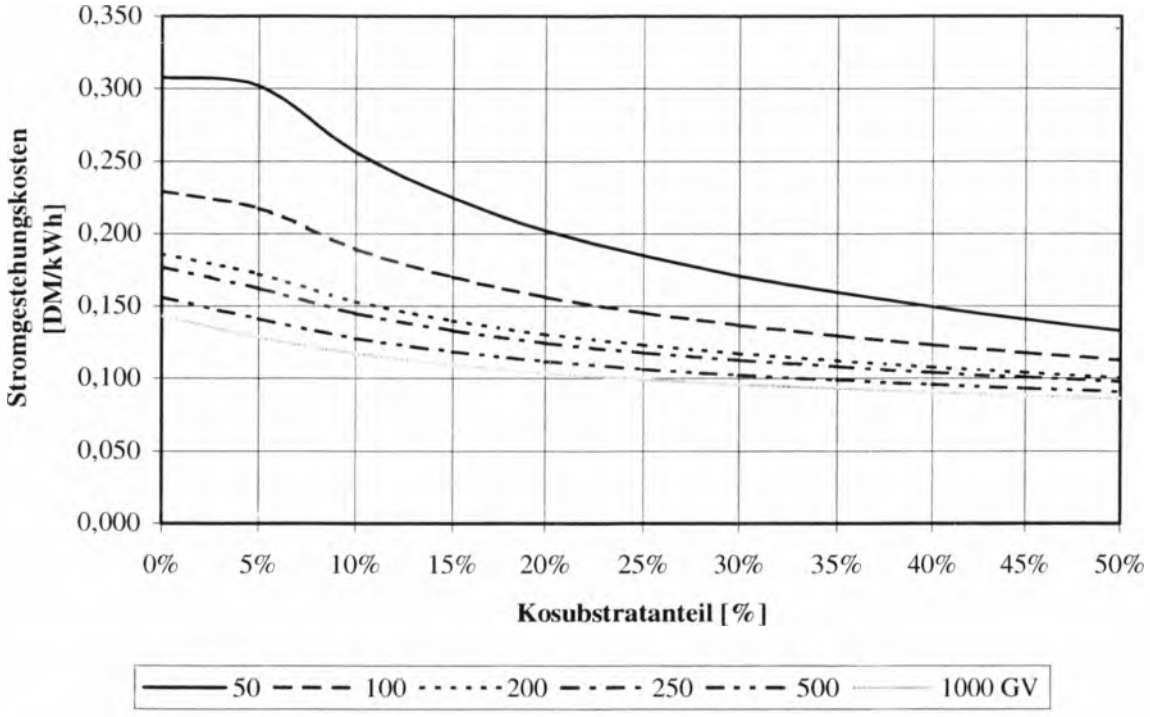


Abb. 2: Stromgestehungskosten bei Biogasanlagen mit und ohne Kofermentation. Keine Förderung und keine Erlöse für die Aufnahme von Kosubstraten
Productioncosts of electricity by biogasplants, without stately grant and without proceeds for uptaking of biowaste

Wird den Betrieben eine Förderung in Höhe von 30 % der Investition gewährt, wie es durch die KfW derzeit möglich ist, so liegen Milchvieh-Betriebe mit 100 GV ohne Kofermentation bereits in der Gewinnzone. Die Stromgestehungskosten liegen dann bei 0,170 DM/kWh. Betriebe mit 200 GV müssen dann nur mit Stromgestehungskosten von 0,143 DM/kWh rechnen.

In den vergangenen Monaten wurde die Frage bezüglich der Nutzung Nachwachsender Rohstoffe von Stilllegungsflächen (z.B.: Mais, Gras, Rüben, Ganzpflanzensilage) in Biogasanlagen intensiv diskutiert. Eine reine Vergärung dieser Stoffe ist sehr aufwendig und nur durch Zusatz größerer Mengen an Flüssigkeit in üblichen Biogasanlagen möglich Zur Vergärung von Silomais mit Flüssigmist haben andere Autoren Berechnungen durchgeführt (KEYMER UND SCHILCHER 2000; KEMPKENS 2000). Deren Berechnungen zeigen, dass bei einem 100 GV-Betrieb mit Biogasanlage Gewinne bis zu etwa 1000 DM pro ha Maisanbaufläche erzielt werden können. Als Voraussetzung für einen erfolgreichen Silomaisanbau zur Energieerzeugung nennen sie hohe Maiserträge und eine gute Silagequalität.

5 Zusammenfassung

Aufgrund des großen Interesses von Landwirten am Bau von Biogasanlagen wurde im Rahmen eines vom KTBL finanzierten Projektes Investitionsdaten landwirtschaftlicher Biogasanlagen ermittelt. Mit diesen Kalkulationsdaten lässt sich die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Biogasanlagen bereits in einem sehr frühen Planungsstadium abschätzen. Die Erhebung der Investitionsdaten an den Biogasanlagen hat gezeigt, dass mit zunehmender Betriebsgröße eine deutliche Degression in den Investitionen auftritt. Dank der Einspeisevergütung von 0,20 DM/kWh und den staatlichen Fördermaßnahmen ist Biogas bereits für Milchvieh-Betriebe mit 100 GV wirtschaftlich interessant. Die Kofermentation mit organischen Abfällen kann die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Biogasanlagen noch weiter verbessern. Auch die Verwendung Nachwachsender Rohstoffe kann für manche Betriebe eine interessante Alternative sein.

6 Literatur

KNEBELSPIEß, M. UND H. OECHSNER: Ermittlung des Investitionsbedarfes und der Verfahrenskosten landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Abschlussbericht AZ. BML: 113-072-544 01-4/1-99, 1999

KEYMER, U. UND A. SCHILCHER: Neue Rechnung fällig - Biogas aus Mais bei 20 Pfennig Einspeisevergütung. Bayer. Landw. Wochenblatt 2000, H. 9, S. 56-57

KEMPKENS, K.: Wird Biogas jetzt für Landwirte interessant? Top agrar, H. 4, 2000, S. 26-31

Investment and economy of agricultural biogas-plants

OECHSNER, HANS AND MATTHIAS KNEBELSPIEß

Department for Farm Machinery and Farm Structure, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany

At the moment, there is an interest of farmers to construct biogas plants. Therefore KTBL supported a project to evaluate the investments of constructed biogas plants. This dates will allow, to calculate the economy of these plants at an early strategy time. The evaluation has shown, that the investmentcosts are declining with the digester size. Since the farmers will get 0.20 DM per kWh electric current, they send into the grid and because of state grant, biogasfarms with 100 livestock units are running efficiently. The codigestion of biological waste improves the efficiency. To use renewable natural resources can be also a financially rewarding alternative.

Ökonomie der Vergärung von Bioabfällen in landwirtschaftlichen Kofermentationsanlagen

SCHIESSL, KATRIN UND HELMUT DÖHLER

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Bartningstr. 49, D-64289 Darmstadt

1 Rahmenbedingungen für die Kofermentation mit Abfällen

In den letzten zehn Jahren haben sich die Rahmenbedingungen für die Kofermentation von Abfällen in landwirtschaftlichen Biogasanlagen stark verändert. Einerseits hat sich die finanzielle Situation verbessert, da vermehrt staatliche Fördermittel zur Verfügung gestellt wurden und mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz die Einspeisungsvergütung für Biogas-Strom auf 20 Pf/kWh angehoben wurde. Die Anlagentechnik hat sich weiterentwickelt, da viele neue Anlagen gebaut wurden. Außerdem ist das öffentliche Interesse an erneuerbaren Energien, angeregt durch die Diskussion um Klimaveränderungen und in letzter Zeit durch die hohen Ölpreise, enorm angestiegen.

Andererseits sind jedoch die Entsorgungserlöse für Abfälle zurückgegangen. Waren vor einigen Jahren noch bis zu 300 DM/t Bioabfall zu erlösen, so werden heute teilweise nur noch weniger als 80 DM/t bezahlt. Da das Interesse der Öffentlichkeit an der Abfallverwertung abgenommen hat, können die für die Entsorgung zuständigen Kommunen auch für ein umweltfreundliches Abfallsystem heute kaum noch höhere Müllgebühren rechtfertigen.

2 Fragestellungen für die landwirtschaftliche Kofermentation

Aus den unter Punkt 1 genannten geänderten Rahmenbedingungen ergeben sich folgende Fragen:

- Für den Landwirt:
  Lohnt sich eine Kofermentationsanlage für den landwirtschaftlichen Betrieb (Wirtschaftlichkeit)?
- Für die Kommunen:
  Bringt die Bioabfallverwertung durch Kofermentation Vorteile für den Landkreis (z.B. Beschäftigung, Umweltschutz, Image)?
- Für die Gesellschaft:
  Ist die Kofermentation eine ökologisch sinnvolle Lösung der Abfallverwertung (Vergleich mit anderen Möglichkeiten der Bioabfallverwertung)?

Diesen und anderen Fragen soll in einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt zur Bewertung von Kofermentationsverfahren* nachgegangen werden. Dabei werden insbesondere verschiedene Konzepte zur Kofermentation von Bioabfällen aus der Getrenntsammlung („Biotonne") miteinander verglichen.

---

* „Bewertung und Koordinierung von Vorhaben zur Kofermentation von Bioabfällen"; DBU-AZ 08765

3 Projekt zur Bewertung der Kofermentation von Bioabfällen

3.1 Unterscheidung verschiedener logistischer Konzepte

Im o.g. Projekt werden drei logistische Ansätze, die Kofermentation von Bioabfällen in einem Landkreis zu organisieren, gegenübergestellt. Es werden folgende Konzepte unterschieden:

- dezentrale Bioabfallaufbereitung und -vergärung (mehrere Anlagen im Landkreis, in denen Bioabfälle sortiert, zerkleinert, hygienisiert und vergoren werden);
- zentrale Bioabfallaufbereitung und -vergärung (eine Anlage im Landkreis);
- zentrale Aufbereitung der Bioabfälle, dezentrale Vergärung („Rotenburger Konzept": in einer zentralen Anlage werden die Bioabfälle sortiert, zerkleinert und hygienisiert; danach in mehreren Biogasanlagen im Landkreis vergoren).

3.2 Vorgehensweise zur ökonomischen Bewertung

Die drei genannten logistischen Konzepte werden hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit miteinander verglichen. Dazu wird zu jedem Konzept ein Modell erstellt, das sowohl die jeweilige Aufbereitung und Vergärung als auch die dem Konzept eigenen Transportaufwendungen mit einbezieht. Die Basis der Modelle bilden eigene Befragungen auf landwirtschaftlichen Kofermentationsanlagen sowie die von OECHSNER UND KNEBELSPIEß (1999) im Auftrag des KTBL erhobenen Daten.

Anhand der Modelle werden verschiedene Parameter, die einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben, variiert. Hierzu gehören z.B. der Bioabfalldurchsatz pro Jahr, die Gaserträge oder die Investitionen für den Bau der Anlage. Auf diese Weise wird gezeigt, welchen Einfluss die einzelnen Parameter auf die Wirtschaftlichkeit haben und welche Bedeutung man ihnen daher zumessen muss.

Im folgenden wird dieses Vorgehen anhand der Kofermentationsanlage im dezentralen Modell (ohne Transporte) exemplarisch dargestellt.

4 Modell: dezentrale Aufbereitung und Vergärung

4.1 Die Kofermentationsanlage im dezentralen Modell

Im dezentralen Modell werden in der Kofermentationsanlage jährlich 200 t Bioabfall aus der Getrenntsammlung („Biotonne") verarbeitet. Die Bioabfälle werden von Hand sortiert, anschließend zerkleinert, angemaischt und bei 70 °C für 1 h hygienisiert. Anschließend werden sie dem Fermenterraum zugeführt, wo sie zusammen mit 2500 t Rindergülle pro Jahr vergoren werden. Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Kenndaten der Anlage.

Tab. 1: Kennzahlen der Biogasanlage im dezentralen Modell
Characteristics of the Biogas plant in the decentralized model

Durchsatz Bioabfall	2000 t/a
Durchsatz Rindergülle	2500 t/a
Fermentervolumen	370 m^3
zusätzlicher Lagerbehälter für Kosubstrat	900 m^3 (ca. 5 Monate)
installierte Leistung BHKW	85 kW el.
Methanertrag aus Bioabfall	300 l/kg oTS
Methanertrag aus Rindergülle	200 l/kg oTS
Prozessstromverbrauch	25 %
Arbeitszeit	3350 h/a
Wartung und Reparatur (externe Verträge)	20 000 DM/a
Kosten Ausbringung Gärrückstand	5 DM/m^3
Einspeisungsvergütung	0,20 DM/ kWh
Wärmeersatz (Ölheizung)	50 000 kWh/a
Düngerwert aus Bioabfall	8,50 DM/t

4.2 Investitionen für die Kofermentationsanlage

Für die Kofermentationsanlage im dezentralen Modell ist insgesamt eine Investitionssumme von DM 725 890 angesetzt. Sie verteilt sich wie in Tabelle 2 angegeben.

Tab. 2: Investitionen der Biogasanlage im dezentralen Modell
Capital investment for the Biogas plant in the decentralized model

Bioabfallaufbereitung	125 000 DM
Fermenter	60 000 DM
Lagerbehälter	80 000 DM
Fördertechnik, Installationen, Gasspeicher	55 990 DM
BHKW, Elektroinstallation	125 900 DM
sonstige Anlagenteile (Halle)	250 000 DM
Planungskosten	29 000 DM
Investitionssumme	725 890 DM
davon Eigenkapital	241 940 DM

Für die Modellanlage wurde damit bei den Investitionen von optimalen Bedingungen ausgegangen. Das heißt, dass günstig gebaut werden kann und keine Ausgaben für spezielle Baubedingungen (z.B. Hanglage, neue Zufahrt o.ä.) anfallen.

4.3 Jahresbilanz der Kofermentationsanlage

Mit den unter 4.1 aufgeführten Rahmenbedingungen und den unter 4.2 genannten Investitionen ergibt sich die in Tabelle 3 aufgeführte Jahresbilanz.

Tab. 3: Jahresbilanz der Biogasanlage im dezentralen Modell
Balance sheet of the Biogas plant in the decentralized model

Position	DM/a
feste Kosten:	
Abschreibungen	90 746
Verzinsung	17 532
variable Kosten:	
Wartung	25 000
Zündöl	6 103
Ausbringung Koferment	8 665
Arbeitslöhne	83 750
Summe Kosten	231 785
Nutzen	
Stromverkauf	110 442
Düngerwert Kosubstrate	17 000
Einsparung durch Wärmenutzung	2 188
Summe Nutzen	129 630
Jahresbilanz	- 102 155
Entsorgungserlös für Deckung der Kosten	51,- DM/t
Mindestentsorgungserlös (Definition im Text)	110,- DM/t

Es resultieren jährliche Kosten von DM 231 785, demgegenüber steht ein finanzieller Nutzen von 129 630 DM/a; hierbei ist noch kein Entsorgungserlös für die Bioabfälle eingerechnet. Es ergibt sich eine negative Bilanz von -102 155 DM/a.

Damit die Kosten der Anlage vollständig gedeckt wären, müsste der Entsorgungserlös pro Tonne Bioabfall 51,- DM/t betragen. Dies wäre jedoch noch kein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage, sie würden nur keine Verluste verursachen.

Setzt man als Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage eine Verzinsung des Eigenkapitals von 10 % und einen jährlichen Unternehmergewinn aus dem Betrieb der Anlage von 80 000 DM an, so ist ein Entsorgungserlös von mindestens 110 DM/t Bioabfall erforderlich. Dieser Wert wird in Tabelle 3 als „Mindestentsorgungserlös" bezeichnet.

Bei einer im Rahmen des Projektes untersuchten, ca. 5 Jahre alten Anlage wäre für eine ausgeglichene Bilanz ein Entsorgungserlös von 123 DM/t nötig; für den gleichen Gewinn wie bei der Modellanlage wäre ein Mindestentsorgungserlös von 230 DM/t erforderlich. Dies ist zum einen durch zusätzliche Aufwendungen in Höhe von ca. 250 000 DM (für Wegebau,

Geruchsgutachten u.a.) begründet, zum anderen durch insgesamt deutlich höhere Investitionen für die Anlage selbst. In diesem Bereich sind sicherlich noch Einsparpotentiale vorhanden, die beim Bau von Kofermentationsanlagen in Zukunft aufgrund der geringen Entsorgungserlöse voll ausgeschöpft werden müssen.

4.4 Einfluss verschiedener Faktoren auf die Jahresbilanz der Kofermentationsanlage

Wie in Punkt 3.2 beschrieben, wurden für die Modellanlage verschiedene Varianten gerechnet. Dabei wurde jeweils ein Parameter so variiert, dass die in der Praxis auftretenden Schwankungen und Unsicherheiten damit abgebildet werden können.

Abbildung 1 zeigt das Ergebnis dieser Variationen. Aufgetragen ist jeweils der Entsorgungserlös, der für eine ausgeglichene Jahresbilanz nötig wäre - also für das Modell 51 DM/t Bioabfall. Neben dem Variationsparameter ist jeweils die Spanne angegeben, in der der Parameter variiert wurde.

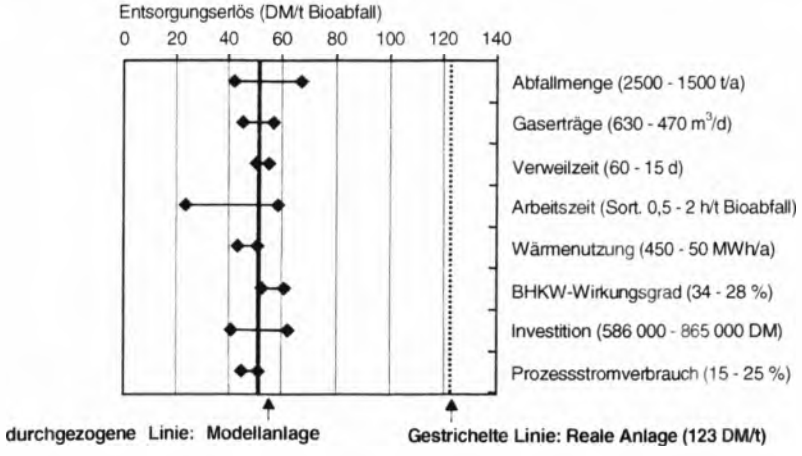


Abb. 1: Entsorgungserlöse für eine ausgeglichene Jahresbilanz in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren (Kofermentation im dezentralen Modell)
Required fee per ton of waste for an even balance sheet as influenced by different factors (co-fermentation in the decentralized model)

5 Fazit

Den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Kofermentationsanlage in einem dezentralen Entsorgungskonzept haben

- die Abfallmenge;
- die Arbeitszeit (insbesondere für Sortierung je Tonne Bioabfall);
- die Investitionen.

Bei der Kofermentation in einem dezentralen Bioabfallentsorgungskonzept ist für einen wirtschaftlichen Betrieb einer ökonomisch optimal ausgelegten Biogasanlage ein Mindesterlös pro Tonne Bioabfall von ca. 110 DM erforderlich. Bei bisher gebauten Biogasanlagen liegen die Investitionen häufig so hoch, dass für einen wirtschaftlichen Betrieb wesentlich höhere Mindesterlöse nötig sind.

Dezentrale Bioabfallverwertungskonzepte können nur mit optimal ausgelegten, günstig gebauten Biogasanlagen eine Alternative zur zentralen Entsorgung darstellen. Sie werden es dennoch schwer haben, da die Konkurrenz auf dem Entsorgungsmarkt Bioabfälle für ca. 70 - 80 DM/t annimmt - Preise, die aufgrund geringerer genehmigungsrechtlicher Anforderungen an Kompostierungsanlagen in manchen Bundesländern möglich sind und so bereits zu einem „Bioabfalltourismus" geführt haben. Eine Harmonisierung der Genehmigungspraxis auf Länderebene fehlt bisher (DÖHLER 2000).

Dezentrale Bioabfallverwertungskonzepte haben nur dann eine Chance, wenn Kommunen bzw. deren Bürger bereit sind, für die positiven Mehrleistungen dieser Konzepte höhere Entsorgungserlöse zu bezahlen:

- Beitrag zum Klimaschutz durch geringes Transportaufkommen;
- Förderung der Kreislaufwirtschaft durch Schließung regionaler Kreisläufe;
- Stärkung ländlicher Räume durch Schaffung von Arbeitsplätzen.

6 Literatur

DÖHLER, H. (2000): Mehr auf die Bedürfnisse der Landwirte eingehen. Entsorgungspraxis 9, Sept. 2000, S. 18

OECHSNER, H. UND M. KNEBELSPIESS (1999): Ermittlung des Investitionsbedarfs und der Verfahrenskosten von landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Abschlußbericht zum gleichnamigen KTBL-KU-Vorhaben, Hohenheim / Darmstadt

Economics of biogas production from biodegradable wastes in agricultural co-fermentation plants

SCHIESSL, KATRIN AND HELMUT DÖHLER

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Bartningstr. 49, D-64289 Darmstadt

Three concepts of treating organic wastes in agricultural biogas plants are evaluated: a decentralized concept with several biogas plants in a district; a centralized concept with one large plant in the district, and a mixed concept with centralized sorting and hygienisation and decentralized anarobic digestion in several biogas plants.

Economic characteristics of a model plant (2000 t of organic wastes and 2500 t of liquid manure per year) for the decentralized concept are shown and the costs and benefits are calculated. A minimum fee for the wastes to ensure profitability for the farmer is estimated; for the model plant it amounts to 110 DM/t wastes.

Important influence factors for the economic situation of biogas plants for biodegradeable wastes are evaluated. The calculations show that the most important factors are the amount of wastes treated in the plant per year, the required labour time for sorting and the capital investment.

Prozessenergiekonsum in der Ferkelaufzucht

WOLFGANG BÜSCHER[1], JENS KLUGE[2] UND WERNER FROSCH[1]

[1] Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrartechnik und Landeskultur, D-06108 Halle
[2] Agrarunternehmen Barnstädt, Dorfstraße, D-06268 Göhrendorf

1 Einleitung und Zielsetzung

Um der aktuellen Planungsunsicherheit bei Lüftung und Heizung in der Ferkelaufzucht (BÜSCHER 1999) zu begegnen und um belastbare Daten zum Energieaufwand auf der Stallebene zu erhalten, wurde mit Unterstützung der AEL und sechs verschiedenen Lüftungs- und Heizungsunternehmen ein Langzeitversuch im Agrarunternehmen Barnstädt (Kreis Querfurt, Sachsen Anhalt) angelegt.

Ziel der nun abgeschlossenen Untersuchungen war der Vergleich verschiedener Heizungs- und Ablufttechniken im Hinblick auf den Konsum von Heiz- und Elektroenergie in der Ferkelaufzucht. Die Erfassung der tierischen Leistung, des Liegeverhaltens der Ferkel und der Raumluftqualität sollte eine umfassende Betrachtung gewährleisten.

2 Material und Methode

Um der Zielsetzung gerecht zu werden, hat man sich für die Methode des Parallelversuchs entschieden. Dabei werden Kontrolle und Variante zeitgleich eingestallt, um mittelfristige und saisonale Effekte beim Vergleich auszuschalten. Tabelle 1 zeigt die Vergleichsvarianten der Untersuchungen. Nach drei Aufzuchtperioden wurden für den zweiten Untersuchungsabschnitt die am günstigsten abgeschnittenen Verfahren modifiziert, um weitergehende energetische Einsparungen aufzuzeigen und ein verändertes Management mit den Beteiligten abzustimmen.

Da an die Erfassung beider Energieströme unterschiedliche messtechnische Anforderungen gestellt werden, sind getrennte Erfassungsmethoden notwendig. Der methodische Ansatz der Untersuchung wurde bereits an anderer Stelle vorgestellt (BÜSCHER UND KLUGE 1999). Im ersten Versuchsabschnitt (10.98 - 5.99) standen rein energetische Fragestellungen im Vordergrund. Im zweiten Versuchsabschnitt (Winter 1999/2000) erfolgten zusätzlich Messungen zum Liegeverhalten der Ferkel sowie zur Luftqualität in den verschiedenen Stallabteilen.

Das Liegeverhalten der Ferkel wurde in zwei Abteilen mit und ohne Fußbodenheizung mit Hilfe von stationär installierten Videokameras parallel erfasst. Die Aufzeichnungen wurden mit Hilfe eine Software für ethologische Untersuchungen („Observer") ausgewertet. Dauer und Häufigkeit der Verhaltensmerkmale „Liegen" und „nicht Liegen" gingen in den Verhaltensvergleich ein.

Die Luftqualität in den Abteilen und deren Emissionsverhalten der Vergleichsvarianten wurde mit Hilfe einer bewährten Gasanalytik (Brüel und Kjaer Multigasmonitor; Messstellenumschalter, Messventilator in den runden Abluftkaminen) ermittelt (BÜSCHER UND KLUGE 1999; VRANKEN ET AL. 1997). Darüber hinaus wurden auch Messungen zur Staubkonzentration, zur Geruchskonzentration und zur Homogenität der Klimafaktoren im Raum durchgeführt.

Tab. 1: Beschreibung der zeitgleichen Versuchsvarianten (Zuluft über Rieselkanäle)
Description of the simultan trials (Air inlet as perforated ceiling)

Kontrolle 1 Gaskanone & Axialventilator + Phasenanschnittsteuerung	**Variante 1** Gaskanone & EC - Energiesparventilator + Messventilator und Drosseleinrichtung
Kontrolle 2 Gaskanone & Axialventilator + Phasenanschnittsteuerung	**Variante 2** Warmwasser Fußbodenheizung im Liegebereich + Delta Rohre zur Raumheizung & Axialventilator + Phasenanschnittsteuerung
Kontrolle 3 Gaskanone & Axialventilator + Phasenanschnittsteuerung	**Variante 3** Warmwasser Fußbodenheizung im Liegebereich + Delta Rohre zur Raumheizung & EC - Energiesparventilator + Messventilator und Drosseleinrichtung

3 Ergebnisse

Unter Winterbedingungen wurden die Wärmeströme der zu untersuchenden Kammabteile für 200 Aufzuchtferkel gemäß der Temperaturvorgaben der SCHWEINEHALTUNGSVERORDNUNG (1994) nach der Berechnungsmethode der DIN 18 910 (1992) bilanziert. Es ergeben sich Wärmedefizite und somit notwendige Heizleistungen von 5,6 (Kammabteil mit zwei Außenwänden) bzw. 4,8 kW (Abteil mit nur einer Außenwand). Tabelle 2 zeigt die lüftungstechnischen Rahmenbedingungen, wobei die 5 kg schweren Tiere bewusst den Winterbedingungen zugeordnet sind. Bei der Luftvolumenstromberechnung (Massenbilanzierung) ergibt sich ein Regelverhältnis zwischen Sommer- und Winterluftrate von über 30 : 1. Diese Forderung für den minimalen und maximalen Luftvolumenstrom stellt höchste steuerungstechnische Anforderung an die Anlage (NIETHAMMER 1983).

Tab. 2: Sommer- und Winterluftrate des Abteils für das Planungsbeispiel
Ventilation rates for the examined pig house under summer and winter conditions

Planungsbedingungen	m³/h je Tiere	m³/h je Abteil	Regelverhältnis
Sommer: 30 kg Ferkel	62	12 400	31
Winter: 5 kg Ferkel	2	400	1

Es ergaben sich bei den Ferkeln keine statistisch absicherbaren Leistungsunterschiede zwischen den untersuchten Varianten. Die wichtigsten ökonomischen Kenngrößen im Verfahrensvergleich waren daher die Kosten für die Anschaffung und den Betrieb von Lüftung und Heizung je aufgezogenem Ferkel. Nach der Methode der Periodenkosten wurden die Winter-, Übergangs- und Sommerdurchgänge für die Kostenkalkulation zeitlich gewichtet. Die Ergebnisse des ersten Untersuchungsabschnittes konnten hinsichtlich des Energiekonsums durch veränderte Einstellungen im zweiten Abschnitt weiter verbessert werden.

Die Kostenkalkulationen zeigen, dass über alle Varianten die Energie mit über 50 % an den gesamten Spezialkosten für Lüftung und Heizung beteiligt ist. Die Fußbodenheizung ist mit erheblich höheren Investitionen belastet, was sich bei den Gesamtkosten je Ferkel sehr nachteilig bemerkbar macht. Die Raumheizung (Gaskanone) hatte im Vergleich zur Warm-Wasser-Fußbodenheizung (Kunststoffboden) unter den o.g. Versuchsbedingungen einen unerwartet hohen Heizkostenvorteil von über 1,- DM je aufgezogenem Ferkel (s. Tab. 4). Die eingesetzten EC-Energiesparventilatoren benötigten lediglich 50 % des Energieaufwandes im Vergleich zu Standard-Axialventilatoren. Der Amortisationszeitraum dieser Ventilatoren liegt je nach Strompreis zwischen drei und fünf Jahren.

Die Verhaltensbeobachten zeigten ebenfalls ein unerwartetes Ergebnis. Es besteht über die gesamte Aufzuchtperiode kein signifikanter Unterschied in der Dauer und Häufigkeit des Liegens zwischen der Fußbodenheizung und der Raumheizung bei dem untersuchten Kunststoffboden. Lediglich in den ersten Tagen nach der Einstallung lagen die Ferkel auf der geschlossenen Liegefläche mit Wärmeangebot etwas häufiger (Tab. 3). Die Vermutung, dass hierdurch der Umstallungsstress für die Tiere geringer ist, kann weder durch höhere Zuwachsleistungen, durch verbesserte Futterverwertung noch durch verminderte Tierverluste belegt werden. Wenn die mit warmen Wasser durchströmten Heizelemente abgeschaltet wurden, kam es zur Verschmutzung dieser Flächen mit dem Effekt, dass auch die Ferkel stärker verschmutzt waren. Diese Erscheinung konnte durch Erhebungen in Ställen mit vergleichbaren Fußbodenheizungen bestätigt werden.

Tab. 3: Ausprägung des Verhaltensmerkmals „Liegen" bei vollperforiertem Boden (Kontrolle) und teilperforiertem Boden mit Warm-Wasser-Fußbodenheizung
Intensity of the behavioural characteristic „lying„ on a fully perforated floor (as a reference system) and a partially perforated floor with hot-water floor heating

	Zeitanteil des Merkmals „Liegen"	
Bezugszeit: Tag nach der Aufstallung	Kontrolle (vollperforiert)	Variante (teilperforiert mit Heizelementen)
Aufstallungstag	84 %	80 %
2. Tag nach der Aufstallung	82 %	83 %
3. Tag nach der Aufstallung	82 %	85 %

Die Luftqualität war bei Warm-Wasser-Fußbodenheizungen gegenüber den Varianten mit direkter Gasverbrennung im Raum wesentlich besser. Wie erwartet überstiegen die CO_2-Konzentrationen die Grenzwerte der SCHWEINEHALTUNGSVERORDNUNG (1994) von 3000 ppm sehr deutlich. Die Freisetzung von Methan aus dem Flüssigmist und dessen Ausstoß über die Abluftkamine waren beim Einsatz von Gaskanonen unerwartet höher. Die Ursachen für dieses Ergebnis müssen noch weiter untersucht werden.

4 Konsequenzen für Beratung und Praxis

Um eine bedarfsgerechte Heizungsanlage zu planen, ist eine stallspezifische Bilanzierung der Wärmeströme nach wie vor unerlässlich. Die in der Literatur verwendeten Planungswerte für die zu installierende Heizleistungen je Ferkelplatz (200 W) sind oft weit überzogen. Bei gut wärmegedämmten Kammabteilen reichten in den eigenen Untersuchungen 40 W Heizleistung je Ferkelplatz aus. Es wird allgemein empfohlen, beim Kauf von Heizanlagen und bei Beratungen anlässlich wärmetechnischer Probleme folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Wie kann man die thermophysiologischen Anforderungen der Ferkel gewährleisten?
- Welche Technik passt schlüssig in das energetische Betriebskonzept (Gas, Öl, Elektroenergie)?
- Welches System verursacht dabei die geringsten Vollkosten (fixe + variable Kosten!) ?

Um **Elektroenergie** zu sparen, ist es gleichermaßen sinnvoll, hohe Strömungswiderstände zu vermeiden wie auch auf die Wirkungsgrade der eingesetzten Steuergeräte und Ventilatoren zu achten (NIETHAMMER 1983). In der öffentlichen „Kosten-Diskussion" stehen jedoch die Ventilatoren im Vordergrund. Unverständlicherweise wird dabei oft über den Einsatz der neuen Etavent EC-Energiesparventilatoren kontrovers diskutiert.

Bei allen Überlegungen zur Einsparung von **Heizenergie** darf nicht in Frage gestellt werden, dass die Heizungstechnik in der Lage sein muss, den Wärmebedarf der Ferkel abzudecken. Das aktuelle Liegeverhalten der Ferkel ist der wichtigste Indikator für die richtige Temperatureinstellung. Durch Beobachtung des Liegeverhaltens können während der täglichen Stallarbeit der momentane Bedarf überprüft und Veränderungen am Regelgerät vorgenommen werden. **Bauchlage und entspannte Seitenlage signalisieren Wohlbefinden; bei Haufenlage besteht Handlungs- bzw. Heizbedarf.**

Aus den vorgestellten Ergebnissen wird deutlich, dass nur Vollkostenrechnungen unter Berücksichtigung der Anschaffungs- und Betriebskosten die tatsächliche ökonomische Vorzüglichkeit von verschiedenen Handlungsalternativen spiegeln (BÜSCHER UND KLUGE 1999). In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der zweijährigen Untersuchung in Form eines Vollkostenvergleiches in DM Spezialkosten für Lüftung und Heizung je aufgezogenem Ferkel bei der günstigsten und ungünstigsten Kombination zusammengefasst. Ein fairer Vergleich zwischen Handlungsalternativen ist nur dann gegeben, wenn die Energiequellen und die Energie-Bezugskosten (in DM je kWh) identisch sind. Bei vielen Gegenüberstellungen werden diesbezüglich oft grobe Fehler gemacht. Nicht ökonomisch bewertbare Faktoren, sollten beim Verfahrensvergleich in Form von „verfahrensspezifischen Kennzeichen, Vor- und Nachteilen" genannt werden, damit diese bei betriebsspezifischen Entscheidungen und Beratungen berücksichtigt werden können.

Folgenden Vorteile der Warm-Wasser-Fußbodenheizung sollten beim Vergleich der Handlungsalternativen berücksicht werden:

1. Durch die punktuelle Wärmebereitstellung konnten die Tiere in ihrem Liege- und Ausscheideverhalten positiv gelenkt werden.
2. Die Luftqualität war beim Einsatz von Warm-Wasser-Fußbodenheizungen nicht mit den Verbrennungsprodukten (Kohlendioxid und Wasser) belastet.

Tab. 4: Ökonomische Ergebnisse eines zweijährigen Verfahrensvergleiches mit unterschiedlicher Heizungs- und Lüftungsausführung (Rahmenparameter: kWh thermisch: 0,07 DM, elektrisch: 0,28 DM)
Economic results of a two-year system comparison with different and heating- and ventilation designs (Basic parameters: kWh thermal: DM 0.07, electric: DM 0.28)

	Variante 1	Variante 2
Heizungsbeschreibung	Gaskanone als Raumheizung (Flüssiggas)	Delta Rohre als Raumheizung + Warm-Wasser-Kunststoff-Fußbodenheizung (Flüssiggas + Therme)
Heizenergiekonsum	4,2 kWh/Ferkel	22 kWh/Ferkel
Lüftungsbeschreibung	Rieselkanal-Lochplatten + Oberflurabsaugung mit EC-Energiesparventilatoren	Rieselkanal-Lochplatten + Oberflurabsaugung mit Standard-Axialventilatoren
Elektroenergiekonsum	0,9 kWh/Ferkel	2,5 kWh/Ferkel
Vollkosten je Ferkel	**1,40 DM /Ferkel**	**3,76 DM /Ferkel**

Gemeinsam mit den beteiligten Firmen wurden zum Projektende Lösungsvorschläge erarbeitet und energetische Einsparungspotenziale aufgezeigt. Die Untersuchungen sollen unter leicht veränderten Zielsetzungen fortgesetzt werden, um auch andere Verfahren vergleichend zu betrachten und Einsparungsmöglichkeiten durch technische Verbesserungen bzw. veränderte Handhabung aufzudecken.

5 Literatur

BÜSCHER, W.: Produktentwicklungen im Bereich der Heiz- und Lüftungstechnik für Schweineställe. 3. Internationale VDI-MEG Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der Nutztierhaltung", Weihenstephan, 1999, S. 21 - 26

BÜSCHER, W. UND J. KLUGE: Heiz- und Elektroenergiekonsum in der Ferkelaufzucht. Landtechnik 54 (1999), H. 4, S. 238 - 239

DIN 18 910: Wärmeschutz geschlossener Stallanlagen. Wärmedämmung und Lüftung, Planungs- und Berechnungsverfahren. Beuth Verlag, Berlin, 1992

NIETHAMMER, F.: Was ist beim Kauf von Stallüftern, Lüftungsanlagen und Zubehör zu beachten. DLG-Prüfberichte D/45, Groß-Umstadt, 1983

Verordnung zum Schutz von Schweinen bei Stallhaltung (Schweinehaltungsverordnung) 1994, Bundesgesetzblatt I, S. 312

VRANKEN, E., D. BERKMANS UND V. GOEDSEELS: Development of low cost ventilation rate sensor for micro-environmental control in agricultural buildings. Bau-, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kiel, 1997, S. 466-475, ISSN 0948-7786

Energy consumption in piglet houses

WOLFGANG BÜSCHER[1], JENS KLUGE[2] AND WERNER FROSCH[1]

[1] Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Institute of Agricultural Engineering, 06 108 Halle, Germany
[2] Agrarunternehmen Barnstädt, Dorfstraße, 06268 Göhrendorf, Germany

After two years of investigations, different ventilation- and heating systems for piglet houses can now be evaluated comprehensively. In addition to the economic viability of the variants, the lying behaviour, indoor air quality, and the emission of noxious gases have been taken into account.

As compared with standard fans, low-energy „EC fans„ allow electricity consumption to be reduced by an average of more than 50%. With regard to heating energy, gas burners instead of hot-water floor heating with gas boilers also enabled consumption to be reduced by more than 50 %. Floor heating, however, is advantageous for the lying behaviour of young piglets and the air quality parameters.

Untersuchungen zum Energieverbrauch geregelter Fußbodenheizungen unter Berücksichtigung des Liegeverhaltens der Ferkel[1]

ZIRON, MARTIN, SVEN HÄUSER UND STEFFEN HOY

Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität Gießen, 35390 Gießen

1 Einleitung

Durch die Liberalisierung des Strommarktes in Deutschland sind auch für Schweinehalter neue Möglichkeiten der Energieeinsparung eröffnet worden. Besonders Ferkelerzeuger benötigen erhebliche Strommengen. Kostensenkungen können hier durch einen gezielten Wechsel des Energieversorgungsunternehmen bzw. durch „quantifizierten Stromeinkauf" erreicht werden (KEMPKENS 1999). Der Landwirt hat aber auch die Möglichkeit, durch den Einsatz einer effizienten, regelbaren Technik den Energieverbrauch zu reduzieren. Vergleichsweise hohe Energiekosten entstehen durch die Ferkelnestheizung und liegen nach RUDOVSKY (1999) in Abhängigkeit vom Heizungssystem zwischen vier und zehn DM je Wurf.

Die Saugferkel sind sehr anfällig gegenüber tiefen Umgebungstemperaturen, denn sie weisen im Vergleich zu adulten Tieren je Volumeneinheit eine größere Hautoberfläche auf (NICHELMANN 1977), verfügen über wenig subkutanes Fett und kein dichtes Haarkleid (HUPKA UND BEHRENS 1954). Hinzu kommt, dass bei Aufstallung im Kastenstand keinerlei Neugeborenenversorgung durch die Muttersau erfolgen kann (SAMBRAUS 1978). Die Ferkel sind somit auf eine Zonenheizung angewiesen. Diese ist notwendig, um den Jungtieren ein optimales Mikroklima zu schaffen, die Ferkelverluste zu senken und hohe Zunahmeleistungen zu gewähren (KUNZ UND ERNST 1987), und muss während der ersten zehn Lebenstagen laut Schweinehaltungsverordnung eine Temperatur von mindestens 30 °C aufweisen. Die optimale Temperatur in den ersten Lebenstagen wird nach verschiedenen Autoren zwischen 30 bis 41 °C angegeben (siehe Literatur bei ZIRON 2000).

2 Ziel

Ziel der Untersuchungen war, mit Hilfe der Ledan-Messtechnik den Energieaufwand von geregelten Ferkelnestheizsystemen unter Beachtung des Liegeverhaltens der Ferkel im Viertelstunden-Intervall zu ermitteln. Hierbei wurde die benötigte Leistung bei verschiedenen geregelten, aber auch ungeregelten Heizungssystemen mit und ohne den Einsatz von Warmwasserbetten erfasst.

[1] Wir danken der Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V. für die Unterstützung.

3 Methode

Mit Hilfe der Leistungs-Daten-Analyse (Ledan) war es möglich, nicht nur kumulativ den gesamten bzw. auf die einzelnen Lebenswochen bezogenen Elektroenergieaufwand (elektrische Arbeit) zu erfassen, sondern detailliert Viertelstunden mit unterschiedlicher Anzahl im Ferkelnest liegender Ferkel auszuwerten, um so Mittelwerte der aktuellen elektrischen Leistung zu erhalten.

Die Ledan-Technik setzt sich aus einem Lastgang-Erfassungsgerät und einem Softwarepaket zusammen, welches in erster Linie von Energieversorgungsunternehmen (EVU) zur Lastganganalyse und Energie-Abrechnung genutzt wird.

Die Registrierung von Lastprofilen an bestehenden Stromzählern durch Abtastung der Läuferscheiben erfolgte mit Hilfe optischer Sensoren, die auf die Glasscheibe des Zählers geklebt wurden. Sie gaben bei jeder Umdrehung der Laufscheibe einen Impuls an das Erfassungsgerät ab, welches die Daten für vier Sensoren (Stromzähler) registrierte und auf einer Memory-Card speicherte. Die Übertragung der Messdaten von der Speicherkarte auf den PC wurde beim EVU durch ein Kartenlesegerät vorgenommen[2]. Die erfassten Daten wurden mit einer Zeitachse versehen und ergaben pro Beobachtungstag 96 x 15-Minuten-Mittelwerte. Mit diesen Daten war es möglich, die Beziehungen des Elektroenergieaufwandes zu anderen Parametern, wie Stalltemperatur (Sommer-, Winter- oder Tag- und Nachtschwankungen), Oberflächentemperaturen im Nest oder Liegeverhalten (Liegedauer im Nest) der Ferkel, zu analysieren. Hierzu wurden die mit der Ledan-Technik aufgezeichneten Viertelstunden-Mittelwerte der Leistungsaufnahme den im gleichen Zeitraum durch Video-Analysen (24-h-Infrarot-Videotechnik) erhaltenen Daten zum Liegeverhalten des jeweiligen Ferkelwurfes gegenübergestellt. Dabei konnten 15-min-Zeitintervalle zusammengefasst werden, in denen entweder kein Ferkel oder (nahezu) der gesamte Wurf im Ferkelnest lag. Für diese Perioden wurde anschließend die elektrische Leistung gemittelt.

Zusätzlich erfolgte eine kontinuierliche Oberflächentemperaturerfassung im gleichen Zeitintervall (15 min) mit Hilfe elektronischer Datenlogger (Tinytag). Die Untersuchungen fanden an drei verschiedenen Fußbodenheizungen statt (A : 300 W; B : 195 W; C : 180 W).

4 Ergebnisse

4.1 Energieaufwand in Beziehung zur Lebenswoche

Bei den untersuchten Heizsystemen wurde über den Zeitraum der 28-tägigen Säugezeit sowohl eine fest vorgegebene Temperatur (ungeregelt) als auch eine Temperaturkurve (geregelt) genutzt, hierbei wurde mit zunehmendem Alter der Tiere die Temperatur heruntergeregelt. Einmal pro Lebenswoche wurde der KWh-Verbrauch an den Stromzählern abgelesen und hieraus der Leistungsbedarf in Watt berechnet.

Bei den Haltungsdurchgängen mit ungeregelter Heizung wurde bei dem Heizsystem A über die gesamte Säugephase (28 Tage) eine Solltemperatur von 34 °C vorgegeben (drei Wiederholungen). Der mittlere Elektroenergieaufwand lag hier zwischen 71,5 und 81,7 Watt. Bei den Umtrieben mit geregelter Heizung (Heizsystem A) wurde mit einer Solltemperatur von 34 °C bei Geburt begonnen und diese bis zum Absetzen auf 24 °C heruntergeregelt (1. LW = 34 °C; 2. LW = 30 °C; 3. LW = 26 °C; 4. LW = 24 °C). Der Energieaufwand betrug in der ersten

[2] Wir danken RWE (Herrn P. Cremer) für das Auslesen der Daten.

Lebenswoche ca. 68 Watt und sank kontinuierlich bis zur vierten Lebenswoche auf 20,7 Watt. Durch eine geregelte elektrische Fußbodenheizung ließ sich im Vergleich zu einem ungeregelten System eine bis zu 40 % geringere mittlere elektrische Leistungsaufnahme im Durchschnitt der vierwöchigen Säugezeit nachweisen (Abb. 1).

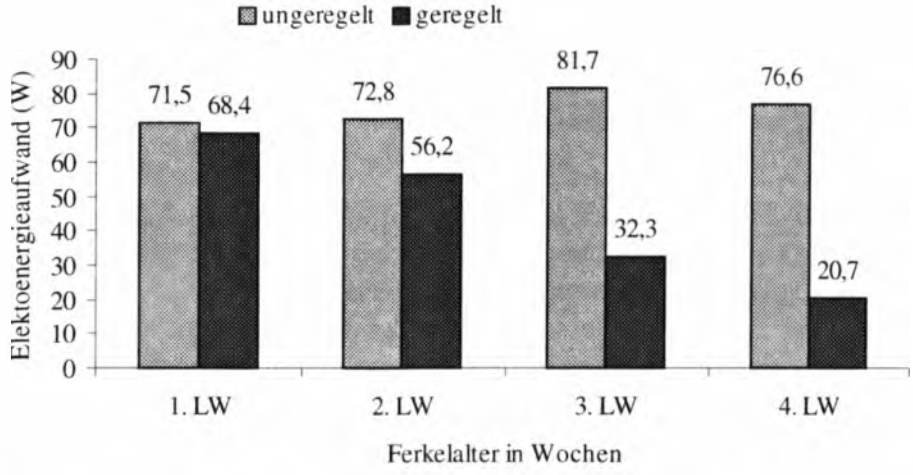


Abb. 1: Mittlerer Elektroenergieaufwand in Watt pro Lebenswoche (LW) bei dem Heizsystem A (300 W, 230 V, 50 Hz) - geregelt oder ungeregelt
Mean power input (in watt) per week of live, heating system A (300 W, 230 V, 50 Hz) - controlled or uncontrolled

4.2 Energieaufwand bei geregelten Heizungssystemen mit bzw. ohne Wasserbett

Durch das Auflegen eines Warmwasserbettes in Verbindung mit einer geregelten Fußbodenheizung konnte der Energieverbrauch je nach Heizungssystem um ca. 11 % bzw. ca. 15 % gegenüber derselben Heizung ohne Wasserbett reduziert werden. In insgesamt acht Umtrieben zu je 28 Tagen Säugezeit mit der geregelten Fußbodenheizung B konnte festgestellt werden, dass mit einem Wasserbett auf der Heizplatte die mittlere elektrische Leistungsaufnahme 72,8 W, ohne Wasserbett jedoch 81,4 W betrug (Abb. 2).

Dies lässt sich ebenfalls durch die sehr gute Wärmeleitfähigkeit und gute Wärmespeicherkapazität des Füllmediums Wasser erklären. Auf die Heizung aufgelegt wird das Warmwasserbett erwärmt und gibt die Wärme sehr homogen an die auf der Oberfläche liegenden Ferkel ab. Da die Ferkel nachweislich in großer Anzahl und über längere Zeiträume (über 70 Prozent in 24 Stunden) auf dem Wasserbett ruhen und somit einen großen Anteil der Oberfläche abdecken, sind die Kontaktflächen zwischen der Oberfläche des Wasserbettes und der umgebenden Luft klein und bewirken damit geringere Wärmeverluste. Hat das Füllmedium Wasser die Solltemperatur erreicht, muss die Heizung seltener und nicht so lange heizen, um die Wassertemperatur konstant zu halten.

Die Ergebnisse der Heizung C hinsichtlich der elektrischen Leistung sind sicher nicht für die Praxis relevant, da es sich um einen Durchlauferhitzer handelte, der speziell für die Untersuchungen an zwei Ferkelnestern eingesetzt wurde.

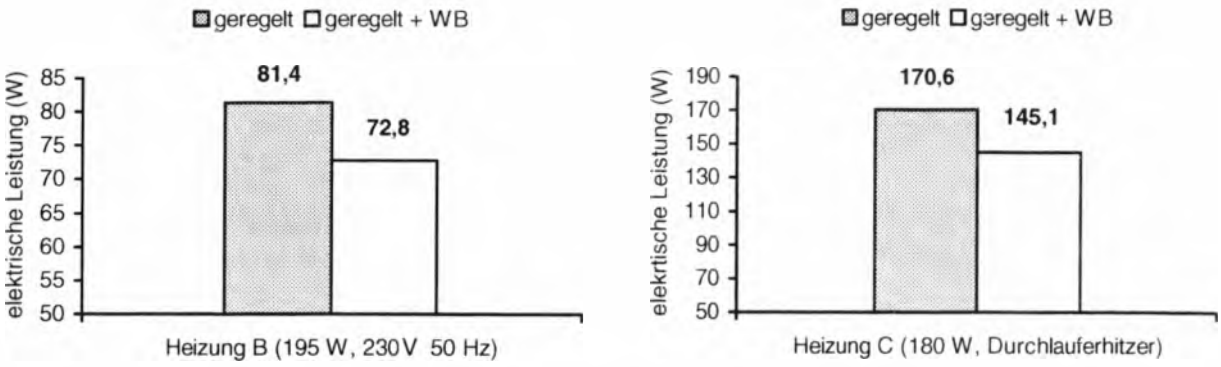


Abb. 2: Mittlere elektrische Leistung (28-tägige Säugezeit) bei den geregelten Heizungssystemen B und C mit bzw. ohne Wasserbett
Mean power input of controlled heating system B and C - with or without waterbed

4.3 Energieaufwand in Abhängigkeit vom Liegeverhalten

In die Auswertungen gingen 649 Viertelstunden-Werte für Verhalten und elektrische Leistungen ein. Hierbei ließ sich die Abhängigkeit des Energieaufwandes vom Liegeverhalten deutlich nachweisen. In Phasen mit weniger als 20 % auf dem Nest liegender Ferkel stieg die Heizleistung um etwa 30 Watt gegenüber Vergleichszeiträumen mit mehr als 80 % auf der Liegefläche ruhender Ferkel an (Tab. 1).

Tab.1: Abhängigkeit der mittleren Leistungsaufnahme in Watt (28-tägige Säugezeit) vom Liegeverhalten (Liegen im Nest) der Ferkel bei einer geregelten elektrischen Bodenheizung (300 W, 230 V / 50 Hz)
Mean power input in watt (28 day suckling period) of a controlled electrical underground heater in dependence of lying behaviour of piglets

Durchgang	Liegeverhalten (% liegende Ferkel)	N	Mittelwert (Watt)
Heizung A (geregelt)	< 20	360	83,2
	> 80	289	52,4

N = Anzahl 15–min-Intervalle $p < 0,01$

4.4 Zusammenhang zwischen Elektroenergieaufwand und Stalllufttemperatur unter Berücksichtigung des Ferkelliegeverhaltens

Zwischen Raumtemperatur und Elektroenergieaufwand konnte auf der Basis von 960 15-min-Mittelwerten (Heizung A) eine negative Korrelation statistisch gesichert werden. Der Energieaufwand für die Heizung des Ferkelnestes wurde bei höheren Stalltemperaturen geringer und stieg in kühleren Phasen (z.B. Tag- und Nachtschwankungen) an. Um diesen Zusammenhang präziser zu definieren, wurde auf der Basis der im Mittel von je 15 Minuten erfassten Ledan-Werte zur elektrischen Leistung und den im gleichen Zeitraum ermittelten Stalllufttemperaturen Korrelationskoeffizienten berechnet. Zwischen Raumtemperatur und Elektroenergieaufwand ergaben sich ein statistisch gesicherter Korrelationskoeffizient von -0,422. Das

Bestimmtheitsmaß B (r^2) besagt, dass ca. 18 % der Unterschiede in der Leistungsaufnahme durch Veränderungen der Stalltemperatur bedingt waren.

Um den Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und Elektroenergieaufwand durch eine lineare Funktion zu beschreiben, wurde mit Hilfe dieser beiden Variablen eine Regressionsanalyse durchgeführt, die folgende Gleichung ergab:

$$y = 0{,}549 - 0{,}02017x \text{ mit } r = -0{,}422 \text{ und } r^2 = 17{,}8$$

y = elektrische Leistung (kW)
x = Stalltemperatur (°C)

Nach dieser Gleichung beträgt die mittlere Heizleistung bei einer Stalltemperatur von 20 °C durchschnittlich 146 W. Bei einer Raumtemperatur von 25 °C sinkt die benötigte mittlere Heizleistung auf 45 Watt. Vorraussetzung dafür ist eine geregelte Heizung.

Diese Werte wurden unabhängig vom Liegeverhalten der Ferkel ermittelt, d.h. dass die Belegungsdichte des Ferkelnestes bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt wurde. Somit wurde in einem nächsten Auswertungsschritt bei der Berechnung der Korrelation zwischen Raumtemperatur und elektrischer Leistung das Liegeverhalten der Ferkel einbezogen, indem die statistische Bearbeitung getrennt für Phasen erfolgte, bei denen weniger als 20 % der Ferkel eines Wurfes oder mehr als 80 % zeitgleich auf der beheizten Liegefläche lagen (Tab. 2).

Daraus errechnet sich bei einem geringen Anteil auf der Heizplatte ruhender Ferkel und einer Stalltemperatur (x) von 20 °C ein mittlerer Elektroenergieaufwand (y) von 172 W, der sich bei 25 °C auf 45 W verringert. Lagen nahezu alle Ferkel des Wurfes auf der geregelten Heizfläche, wurde eine mittlere Leistungsaufnahme bei 20 °C von 128 W benötigt, wohingegen bei 25 °C Stalltemperatur nur noch 13 W Heizleistung zum Einhalten der Sollwertvorgabe auf dem Ferkelnest erforderlich waren.

Tab. 2: Lineare Regression zwischen Stalllufttemperatur (x) und Elektroenergieaufwand (y) unter Berücksichtigung des Ferkelliegeverhaltens.
Linear regression between stable-temperature (x) and mean power input (y) considering the lying behaviour of the piglets

	< 20 % liegende Ferkel auf der beheizten Fläche	> 80 % liegende Ferkel auf der beheizten Fläche
Korrelationskoeffizient ®	0,510	0,508
Bestimmtheitsmaß (r^2)	26 %	26 %
Regressions-Gleichung	y = 0,657 – 0,02425x	y = 0,587 – 0,02295x

5 Literatur

HUPKA, E. UND H. BEHRENS (1954): Das Verhalten der Körpertemperatur neugeborener Ferkel. Tierzüchter, Hannover 8, S. 181-182

KEMPKENS, K. (1999): Energiesektor - Eine Branche steht unter Strom. SUS 47 (3), S. 44-46

KUNZ, H.-J. UND E. ERNST (1987): Abgangsursachen bei Ferkeln. Züchtungskunde 59 (2), S. 135-145

NICHELMANN, M. (1977): Temperaturwahlvermögen neugeborener Ferkel. Mh. Vet. Med., Jena, 22, S. 739-743

RUDOVSKY, A. (1999): 18 Grad im Abferkelstall reichen aus. Dlz agrarmagazin 50 (11), S. 124-128

SAMBRAUS, H. (1978): Nutztierethologie. Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. Verlag Paul Parey, Berlin

ZIRON, M. (2000): Haltungsbiologische Untersuchungen zu einer tiergemäßen Gestaltung des Liegebereiches für Saugferkel unter Berücksichtigung von Verhalten, Lebendmasseentwicklung, Morbidität, Mortalität, Mikroklima und Energieverbrauch. Diss. Justus-Liebig-Univ. Gießen

Investigations on electrical power consumption of controlled underground heating systems considering the lying behaviour of piglets

ZIRON, M.; S. HÄUSER AND ST. HOY

Department for Animal Breeding and Genetics, Justus Liebig University of Giessen, D-35390 Giessen

It was possible to save up to 40 % of energy during a four week suckling period with a controlled electrical underground heater compared with an uncontrolled system.

The reduction of the average power consumption by at least 10 % was possible by the warm water bed together with a controlled electrical floor heating system compared to a heating system without a water bed.

Electrical power input and energy of controlled underground heater is decreased with increasing percentages of piglets lying in the nest.

Elektrischer Leistungs- und Energiebedarf bei verschiedenen Verfahren der Milchgewinnung in unterschiedlichen Betriebsgrößen

CLAUSEN, NIELS

Lindenweg 16, 24242 Felde

1 Einleitung

Die Kosten für den Elektroenergiebedarf in tierhaltenden Betrieben liegt je nach Produktionsintensität zwischen 2 und 5 % der Betriebsausgaben. Die höhere Gewichtung der elektrischen Leistungsinanspruchnahme führt bei Betrieben mit höherem Strombedarf zu Kostensteigerung bis zu 100 %.

In der Milchviehhaltung wird der Elektroenergiebedarf sehr stark durch die eingesetzte Verfahrenstechnik bestimmt. Dieses zeigt sich zum einen in der unterschiedlichen Leistungsinanspruchnahme (kW) aber auch im Stromverbrauch des Betriebes, der nicht nur in Abhängigkeit der produzierten Milchmenge steigt.

Die im folgenden dargestellten Ergebnisse wurden im Rahmen einer Promotionsarbeit an der Uni Kiel, die durch die AEL gefördert wurde, ermittelt und sind als MEG-Schrift 251 veröffentlicht.

2 Material und Methode

Ziel der Untersuchung war es, den Elektroenergiebedarf verschiedener verfahrenstechnischer Anwendungen in der Milchviehhaltung unterschiedlicher Bestandsgrößen in der Praxis zu ermitteln und Möglichkeiten der Kostenreduktion aufzuzeigen. Die Datenerhebung basiert zum einen auf Messungen, die in Betrieben mit unterschiedlicher Herdengröße und genutzter Verfahrenstechnik zur Milchproduktion durchgeführt wurde. Zum anderen auf einer Befragung zum Elektroenergiebedarf in Milchviehbetrieben Schleswig-Holsteins.

Die Messungen geben Aufschluß über typische Lastgänge in milchviehhaltenden Betrieben (Verläufe elektrischer Leistungsinanspruchnahme) in Abhängigkeit der eingesetzten Verfahrenstechnik und Betriebsgröße. Über die Umfrage sollen Kennzahlen zum Stromverbrauch in Abhängigkeit des Produktionsumfangs ermittelt werden.

3 Messung der elektrischen Leistungsinanspruchnahme

Der Messung der elektrischen Leistungsinanspruchnahme erfolgte über einen optischen Messwertaufnehmer, der auf den im Betrieb befindlichen Stromzähler aufgesetzt wurde. Um die Leistungsinanspruchnahme einzelner Verbraucher erfassen zu können wurden hierfür zusätzlich Stromzähler installiert. Die Leistungsmessung erfolgt durch elektronisches Abspeichern von optisch ausgelösten Impulsen der Drehscheibe des Stromzählers in Korrespondenz zur Tageszeit. Die Anzahl der im Tagesverlauf registrierten Impulse weisen den Tagesstromverbrauch aus. Täglich ändernde Betriebsabläufe und Schwankungen der zu melkenden Kühe

führen zu sich täglich ändernden Lastverläufen. Trotzdem lassen sich für milchviehhaltende Betriebe die den Lastgang charakterisierenden Merkmale in Abhängigkeit der eingesetzten Verfahrenstechnik und Betriebsgröße aufzeigen, die im folgenden beschrieben werden.

Die nachfolgenden Aussagen beruhen auf den Messungen in Betrieben, bei denen ausschließlich der Milchviehstall, ohne Haushalt und andere Betriebszweige gemessen wurde. Es wurde der Elektroenergiebedarf des gesamten Stalls erfasst; die Gülletechnik wurde nicht in die Auswertung mit einbezogen. Die technische Ausstattung umfasste i.a. die Melk-, Kühl- und Reinigungstechnik, die Kraftfuttervorlage sowie die im Stall installierten Kleinverbraucher. Da die elektrotechnische Ausstattung für die Rinderhaltung im Verhältnis zur Technik für die Milchgewinnung unbedeutend ist, wird hiernach nicht besonders differenziert.

4 Typischer Lastgang für Milchviehbetriebe

Der Lastgang (Abb. 1) wird durch den Vorgang des Melkens und der daraus resultierenden nachgelagerten Verfahren bestimmt. Da üblicherweise zweimal täglich gemolken wird, treten auch zwei Leistungsspitzen auf, die durch folgende Merkmale bestimmt werden:

1. Die eingesetzte Verfahrenstechnik des Reinigens der Melkanlage bestimmt die Leistungsinanspruchnahme.

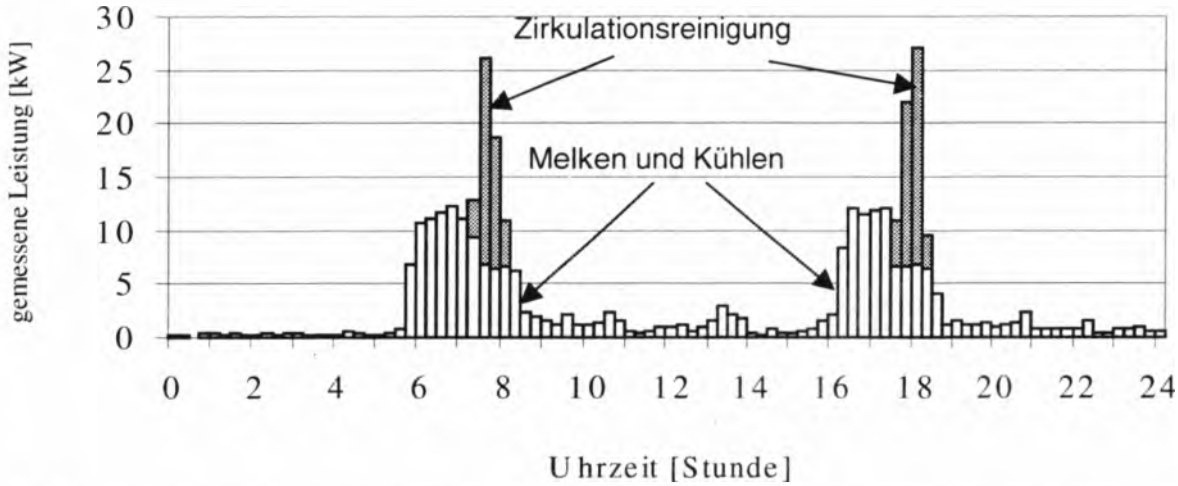


Abb. 1: Typischer Lastgang des Elektroenergiebedarfs in einem Milchviehbetrieb mit Zirkulationsreinigung
Typical load course of a dairy farming with circulation cleaning system

2. Die Höhe der Leistungsspitze wird nicht direkt durch die Anzahl zu melkenden Kühe bestimmt sondern vielmehr durch die eingesetzte Technik für das Melken, Kühlen und Reinigen der Melkanlage.
3. Der Termin der Milchabholung bestimmt einen Zeitpunkt des Melkens wobei nach tierphysiologischen Erfordernisse ein Melkintervall von möglichst 12 Stunden eingehalten werden sollte. Aus diesem zeitlich reglementierten Zyklus ist erklärlich, dass der Lastgang sich täglich nur mit geringen zeitlichen Verschiebungen wiederholt. Auch die Höhe der Leistungsinanspruchnahme ist dadurch nur geringen Schwankungen unterworfen.

4.1 Auswirkungen unterschiedlicher technischer Ausstattung auf den Lastgang

Die elektrische Leistungsinanspruchnahme der unterschiedlichen Gerätetechnik des Melkens, wird nicht in verfahrenstypischen Lastgängen dokumentiert. Im Gegensatz dazu lassen sich die zwei Verfahren der Melkanlagenreinigung deutlich durch die charakterisitischen Lastgänge dokumentieren. Die Zirkulationsreinigung bedingt eine ausgeprägte Leistungsspitze im Lastprofil gegenüber der Kochendwasserreinigung, bei der der Leistungsbedarf deutlich verringert auftritt. Dieses wird im ersten Fall durch den elektrischen Durchlauferhitzer verursacht, der das Wasser mit hohem elektrischem Leistungsbedarf während des Zirkulationsprozesses auf die Reinigungstemperatur von 55 °C erhitzt, während bei der Kochendwasserreinigung die Heißwasserbereitung zeitlich versetzt zum Reinigungsvorgang über einen längeren Zeitraum mit geringerem Leistungsbedarf erfolgt (Abb. 2).

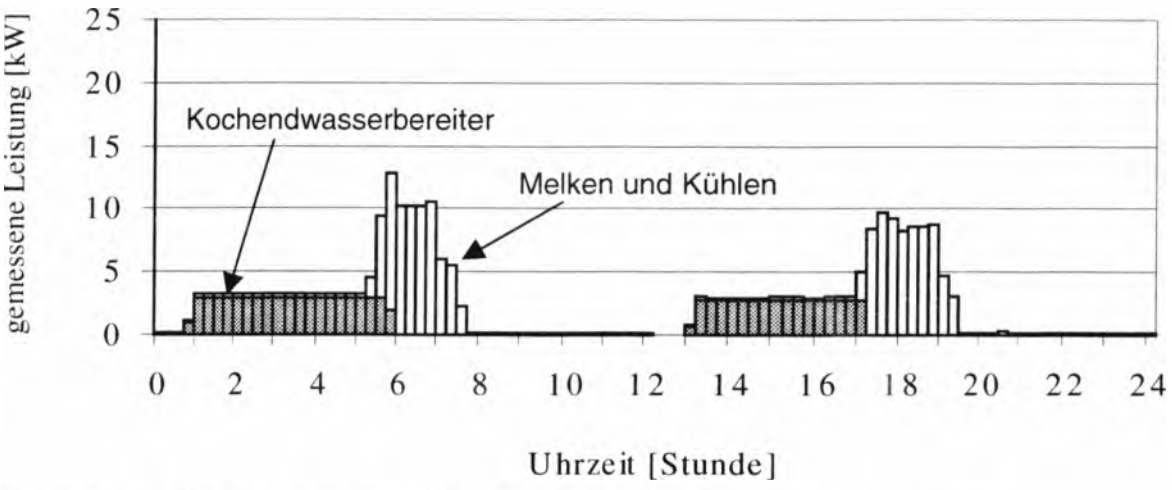


Abb. 2: Typischer Lastgang eines Betriebs mit Kochendwasserreinigung
typical load course of a dairy farming with boiling water system

Auch die direkte Milchkühlung weist einen höheren Leistungsbedarf auf als dieses bei der Eiswasserkühlung der Fall ist. Ein leistungsstärkerer Kompressor ist dafür ebenso verantwortlich wie die zeitliche Kopplung der Kälteerzeugung beim Direktverdampfer mit dem Melkvorgang. Die Eiswasserkühlung ermöglicht die zeitliche Entzerrung der Eiswasserbereitung vom Kühlvorgang, außerdem kann der Eisvorrat über einen längeren Zeitraum aufgebaut werden, wodurch die Leistungsaufnahme des Kompressors reduziert werden kann.

Je nach Betriebsgröße und eingesetzter Verfahrenstechnik ergeben sich unterschiedliche Kenngrößen der elektrischen Leistungsinanspruchnahme. Diese sind in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 1: Kennzahlen elektrischer Leistungsinanspruchnahme in Milchviehbetrieben mit unterschiedlicher Verfahrenstechnik und Bestandgröße
specific characteristics of load course in dairy farming depending on technical equipment and production

Verfahren Nr.	Produktionstechnik berücksichtigt ist das Melken und zusätzlich	Größe des Milchviehbetriebes bzw. Produktionsumfang Tierzahl in Stück und Jahresmilchmenge in kg			
		60 Kühe 400.000 kg/a	100 Kühe 700.000 kg/a	150 Kühe 1.000.000 kg/a	400 Kühe 2.500.000 kg/a
①	Zirk.-Reinigung + Direktverdampf.kühlg.	20 – 25 kW	20 – 25 kW	27 – 32 kW	45 – 50 kW
②	Kochendw.-Reinigung + Direktverdampf.kühlg.	12 – 15 kW	15 – 18 kW	18 – 24 kW	35 – 40 kW
③	Zirk.-Reinigung + Eisw.-Kühlung	18 – 23 kW	18 – 23 kW	23 – 28 kW	40 – 45 kW
④	Kochendw.-Reinigung + Eisw.-Kühlung	10 – 15 kW	10 – 15 kW	15 – 20 kW	27 – 32 kW
⑤	Zirk.-Reinigung + Milchvorkühlung + Direktverdampf.kühlg	18 – 23 kW	18 – 23 kW	23 – 28 kW	40 – 45 kW

4.2 Möglichkeiten der Lastgangbeeinflussung in Milchviehbetrieben

Neben der Reduktion des Stromverbrauchs, lassen sich die Energiekosten insbesondere durch Verringerung der elektrischen Leistungsinanspruchnahme senken. Dieses ist zum einen durch die Nutzung leistungssparender Technik möglich, zum anderen aber auch dadurch, dass die Stromanwendung der verschiedenen Verbraucher aufeinander abgestimmt nacheinander ablaufen. Dieses muß natürlich immer unter der Prämisse sich nicht ändernder Produktqualität erfolgen. Die kontrollierte Lastgangbeeinflussung mit dem Ziel der Leistungsreduzierung wird auch als Lastmanagement bezeichnet. Mit der gezielten Veränderung der Arbeitsorganisation durch Verlagerung technischer Verfahren können je nach Bestandgröße zwischen 3 und 15 kW Leistung eingespart werden.

Mit der Zirkulationsreinigung sind, bedingt durch die hohe Leistungsinanspruchnahme des Durchlauferhitzers und die zeitliche Gebundenheit der Anwendung an den Melkvorgang, nur geringe Leistungseinsparung erzielbar. Wogegen bei der Kochendwasserreinigung und der indirekten Milchkühlung das Verlagerungspotential und damit die Kosteneinsparung wesentlich höher liegen.

Während die Verlagerung der Anwendung mit nahezu keinen Aufwendungen verbunden ist, ist der Einbau leistungssparender Technik immer mit zusätzlichen Kosten verbunden.

Der durch Austausch der Technik und daraus resultierenden Energiekosteneinsparung finanzierbare Aufwand, ist abhängig von den Strompreisbestandteilen und deren Preisen und kann deshalb nicht pauschal, sondern nur einzelfallbezogen ermittelt werden.

5 Spezifischer Stromverbrauch in der Milchviehhaltung

Einige Ergebnisse der Befragung von Milchviehbetrieben in Schleswig-Holstein sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Untersuchung zeigt, dass als Bemessungsgröße für den spezifischen Elektroenergiebedarf in der Milchviehhaltung die Jahresmilchmenge eine geeignete Größe darstellt, da das Melken und Kühlen der Milch zum überwiegenden Teil den Elektroenergiebedarf des Betriebes bestimmt.

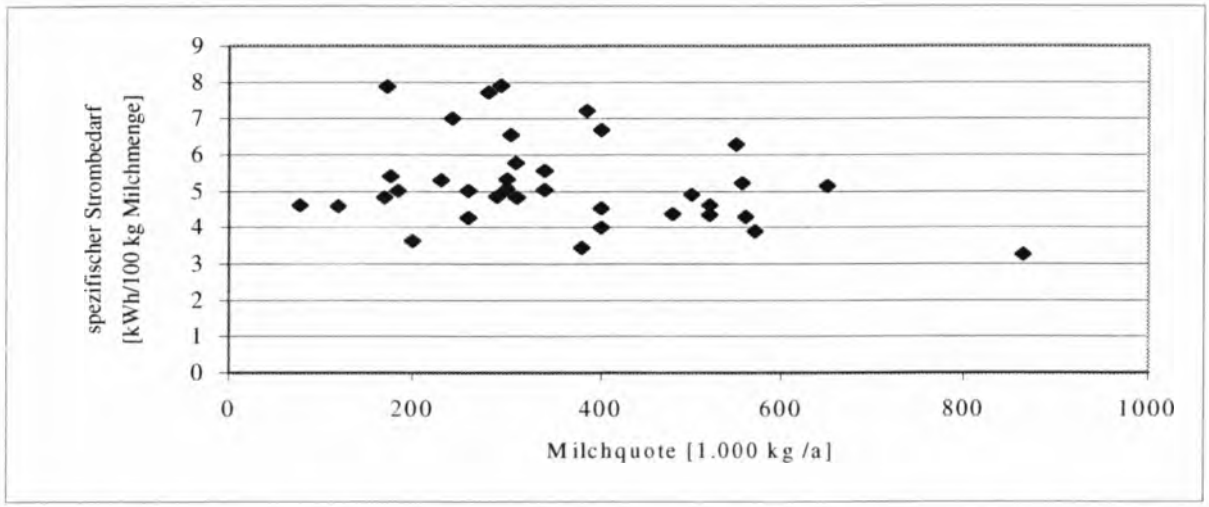


Abb. 3: Ergebnis der Befragung zum Elektroenergiebedarf in Betrieben Schleswig-Holsteins
Specific electrical consumption in dairy farming

Die großen Schwankungen des Elektroenergieverbrauchs bei geringen Milchquoten ist ein Beleg dafür, dass in vielen befragten Betrieben die installierte Technik bereits auf eine Aufstockung der Milchquote ausgelegt ist.

Als Faustzahl für die Kalkulation des Elektroenergieverbrauchs in der Milchviehhaltung kann mit 5 kWh pro 100 kg Milchmenge gerechnet werden. Erst wenn Verfahren zur Vorkühlung der Milch mit Wasser eingesetzt werden, sinkt der Elektroenergiebedarf unter 4 kWh/100 kg Milch. In den neuen Bundesländern liegt der Stromverbrauch in den Großanlagen über den ermittelten Kennwerten, da hier die Futtervorlage und Lüftung der Ställe auf elektrische Antriebe angewiesen ist. Ansonsten sinkt mit zunehmender Milchmenge der spezifische Elektroenergiebedarf leicht ab, da der Anteil des Stromverbrauchs für die Melkanlagenreinigung abnimmt.

6 Zusammenfassung

Die Kosten für Elektroenergie in milchviehhaltenden Betrieben werden zukünftig durch eine stärkere Bewertung der elektrischen Leistungsinanspruchnahme geprägt.

Die energiewirtschaftlichen Auswirkungen der verschiedenen technischen Verfahren der Melkanlagenreinigung sowie der Milchkühlung wurden durch die Lastgänge aufgezeigt und die besonderen Merkmale für Milchviehbetriebe dargestellt. Die Möglichkeiten der Reduktion der elektrischen Leistungsinanspruchnahme durch Veränderung der Technik und organisatorische Änderungen im Arbeitsablauf wurden in Abhängigkeit der Betriebsgröße ermittelt.

Aus den Ergebnissen der Messungen in Betrieben sowie aus einer Befragung läßt sich ein spezifischer Bedarf von 5 kWh je 100 kg Milchmenge für Elektroenergie ermitteln, der mit zunehmender Milchmenge leicht abnimmt.

7 Literatur

AUTORENKOLLEKTIV: Kochendwasser- oder Zirkulationsreinigung von Melkanlagen. AEL Merkblatt 25, Frankfurt, 1997

AUTORENKOLLEKTIV: Milchkühlung und Wärmerückgewinnung - Technik, Kosten, Planungshinweise. AEL Merkblatt 30, Frankfurt, 1996

AUTORENKOLLEKTIV: Messung des elektrischen Leistungsbedarfs in Milchviehbetrieben. AEL Merkblatt 31, Frankfurt, 1999

CLAUSEN, N.: Analyse des Elektroenergiebedarfs und Konzeption energetisch und verfahrenstechnisch optimierter Lösungen für die Milchvieh- und Schweinehaltung. Dissertation, Kiel, 2000

Electrical power and current consumption of different technical procedures and sizes in dairy farming

CLAUSEN, N.

Lindenweg 16, 24242 Felde, Germany

The price structure for electricity will change increase the meaning of the electrical performance demand. The effects of the different technical procedures of cleaning the milking installation as well as the cooling were pointed out by the power and the special features for dairy farming were represented (table 1). The possibilities of reduction the electrical power of modification the technique and organizational modifications in workflow were determined in dependency of the size of company.

For cleaning the milking installation with circulation systems it is only possible to reduce the power in a small volume by changing the workflow. In opposite the boiling system requested lower power and in addition it is possible to reduce the peak of the power by changing the workflow. The load courses for this different technical equipment of cleaning the milking installation is shown in picture 1 and 2.

For the different systems of milk-cooling you can place the same possibilities. For the direct cooling system it is not possible to reduce the power by changing the workflow because the cooling process has to run while milking. For the indirect-cooling system the ice-water can be produced in the time between two milking cycles. Additional to that the power of the compressor for the chiller is half as big as for direct cooling systems.

For the calculation of specific current consumption for dairy 5 kWh for 100 kg milk was found out (picture 3). This does not include the process for manure handling.

Entwicklung weicher Laufflächen und deren Einfluss auf Lokomotion und Klauengesundheit

BENZ, BARBARA; THOMAS JUNGBLUTH UND HERMANN WANDEL

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

1 Einleitung und Problemstellung

Liegeboxenlaufställe stellen hohe Anforderungen an die Mobilität der Kühe. Technopathien, besonders an den Klauen, stellen ein bedeutendes wirtschaftliches und ethisches Problem dar. Beim Milchvieh ist in den letzten 20 Jahren keine Abgangsursache so stark angestiegen, wie Gliedmaßen- und Klauenschäden (DISTL 1996). Leistungseinbußen, Tierarztkosten sowie verkürzte Nutzungsdauern verursachen in der BRD Kosten von 220 Mio. DM pro Jahr (ZEDDIES 1997).

Die Domestikation brachte für den Weichtreter Rind Veränderungen nicht nur bezüglich der Umwelt mit sich. Die Anforderungen an die Leistung und Anpassungsfähigkeit des Rindes sind heute höher denn je. Bei derart starker Beanspruchung genügen die anatomischen und physiologischen Voraussetzungen nicht mehr, um Schädigungen der Klauen zu verhindern. Viele Faktoren schaden der Hornqualität und/oder der Funktion der wichtigsten Stoßdämpfungseinrichtung, dem Aufhängeapparat der Klaue.

Es muss davon ausgegangen werden, dass aufgrund der vielen Einflussfaktoren die meisten Hochleistungskühe in der stoßdämpfenden Funktion des Aufhängeapparates der Klaue (LISCHER UND OSSENT 2000) und/oder in ihrer Hornqualität beeinträchtigt sind (MÜLLING 1998). Die Klauen können unter diesen Voraussetzungen das Gewicht der Kuh auf den harten Laufflächen nicht mehr tragen, ohne Schaden zu nehmen (TOUSSAINT RAVEN 1998; RESSLER 1998; BURGI 2000). Häufiges Ausrutschen gefährdet nicht nur die Klauengesundheit, der resultierende Stress kann als prädisponierend für andere Erkrankungen wie zum Beispiel Fruchtbarkeitsstörungen angesehen werden (RÜSSE 1986).

Langfristig gesehen sind gerade Investitionen in eine tiergerechtere Haltung Erfolg versprechend, weil sie nicht in dem Maße vom individuellen Management abhängen, wie beispielsweise Fütterung und Klauenpflege.

Als Lösungsansatz kristallisiert sich die Verbesserung der Laufflächen heraus, zumal ihre derzeitige Gestaltung durch Härte und oft mangelhafte Rutschfestigkeit ein doppeltes Risiko für die Klauengesundheit darstellt.

Ziel ist es, in der Praxis zu untersuchen, ob sich nach der Installation eines weichen Stallfußbodens, der die mechanische Belastung der Klaue dämpfen und das Ausrutschen verhindern soll, positive Veränderungen bezüglich Tiergesundheit und Tierverhalten ergeben.

2 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchung wurde in einem 1992 erbauten Liegeboxenlaufstall mit 60 Schwarzbunten Milchkühen durchgeführt. Die Liegeboxen sind mit Kuhmatratzen ausgestattet, die maximalen

Liegekomfort bieten. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Tiere bezüglich des Liegeverhaltens nicht eingeschränkt werden und keine überlangen Steh- und Laufzeiten auftreten, die die Klauen zusätzlich strapazieren würden (BERGMANN UND HEUWIESER 2000; GREENOUGH 1998). Die Laufflächen sind als Spaltenboden ausgeführt. SRT-Messungen ergaben, dass dieser entsprechend den Erwartungen nach 8 Jahren als zu glatt eingestuft werden muss (∅ SRT-Wert: 35,6).

Die Klauengesundheit wird alle drei Monate im Rahmen der funktionellen Klauenpflege untersucht. Diese Klauenpflege führt ein qualifizierter Mitarbeiter der Lehr- und Versuchsanstalt Echem durch. Befunde werden für jede Klauenhälfte nach Art der Erkrankung, Lokalisation und Schweregrad erfasst. Vor dem Klauenschnitt werden an allen Klauen die Dorsalwandlänge, die Trachtenhöhe, die Trachtenwandlänge, der Dorsalwandwinkel und die Diagonalenlänge gemessen, um den Zuwachs rechnerisch ermitteln zu können.

Zunächst wurde über neun Monate der Status auf Spaltenboden ermittelt. Anschließend wurde eine weiche Verschleißschicht (Lospa-Matte, Abb. 1) auf Maß perforiert und eingebaut.

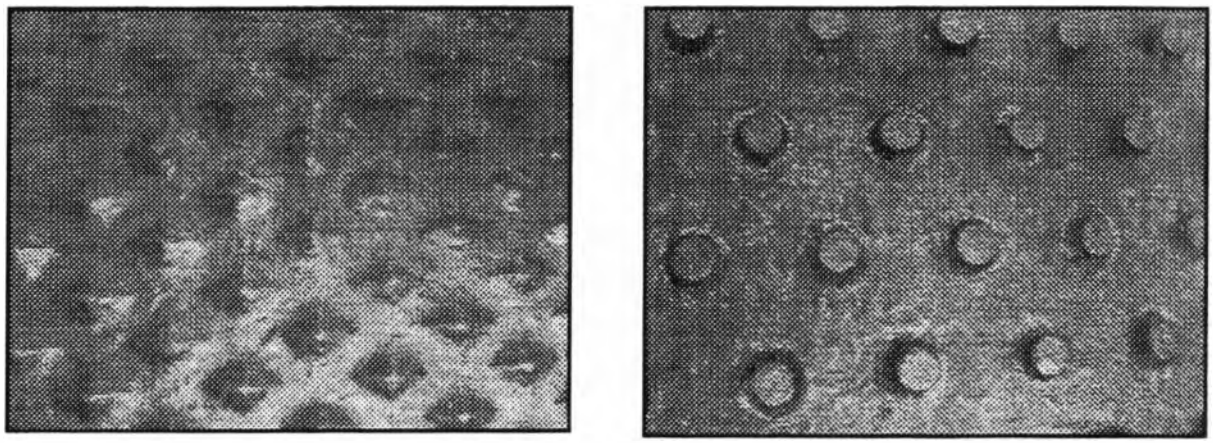


Abb. 1: Weiche Verschleißschicht, nicht perforiert, Aufsicht (links) und von unten (rechts)
Elastic rubber mat, non-perforated, top view (left) and bottom view (right)

Zum Laufverhalten werden die Parameter Laufgeschwindigkeit, Schrittlänge und Kopfhaltung beim Gehen beobachtet und die Schrittzahl pro Stunde mit Pedometern gemessen. Weiter wird das Ausrutschen bei bestimmten Verhaltensweisen erfasst, beispielsweise beim Gehen, Fressen, „Lecken kaudal" oder Aufreiten.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ergebnisse zum Komfortverhalten und zur Lokomotion

Das Tierverhalten stellt für die Beurteilung von Stallfußböden einen sensiblen Parameter dar. Der Boden soll den Tieren artgemäßes Verhalten ermöglichen. Ausgleiten auf rutschigen Oberflächen ist artuntypisch (BOCK 1990) und kann erhebliche Verletzungen verursachen (Weber 1985). Ausrutschen beim Fressen oder Gehen trat nach Installation des weichen Spaltenbodens nicht mehr auf. Beim Aufreiten trat Ausrutschen nur noch in ungefähr der Hälfte der Fälle auf.

Zur Untersuchung des Komfortverhaltens ist die Verhaltensweise „Lecken kaudal" besonders geeignet, weil sie häufig auftritt, gut zu beobachten ist, und die Tiere gefährdet sind,

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Um im Liegeboxenlaufstall Technopathien an Klauen entgegen zu wirken, werden die Laufflächen bzw. der Spaltenboden mit perforierten Gummimatten belegt. Gegenstand der Untersuchung sind dabei die Klauengesundheit sowie das Lokomotions- und das Komfortverhalten. Da es sich beim Rind um einen Weichtreter handelt, d.h. dass ein weicher Boden die Klauenfunktion begünstigt, ist mit positiven Einflüssen zu rechnen, wie die ersten Ergebnisse bestätigen.

Auf weichen Laufflächen kann das Rind sein normales Lauf- und Komfortverhalten unbeeinträchtigt von der Gefahr des Ausgleitens ausüben. Klauenerkrankungen treten seltener und weniger gravierend auf. Möglicherweise führt dies zu einer allgemein besseren Körperkondition mit weniger stressbedingten Erkrankungen.

5 Literatur

BERGMANN, J. UND W. HEUWIESER: Kuh-Komfort - Optimale Leistung nur durch optimale Bedingungen. Milchpraxis, 2, Mai 2000, S. 68-71

BOCK, C.: Zur Beurteilung tiergerechter Laufställe für Milchvieh. KTBL-Schrift 339, 1990

BUDA, S.: Innervation oft he bovine hoof. Proceedings of the XIth Symposium on Disorders of the Ruminant Digit, Parma, 3.-7. Sept. 2000, S. 100-101

BURGI, K.: Persönliche Mitteilung, 2000

DISTL, O.: Verbesserung von Gesundheit als neues züchterisches Ziel in der Selektion auf Fundamentmerkmale beim Rind. Tierärztliche Umschau 51, 1996, S. 331-340

GREENOUGH, P.R.: Relationship of nutrition and environment to sub-clinial laminitis in dairy cattle. Schweizerische Tierärztetage 1998, S. 82-105

HERRMANN, H.J.: Einfluss unterschiedlicher Bodenausführung von Laufflächen auf das Verhalten und die Klauengesundheit von Kühen. ALB Hessen, Bericht Nr. 65, 1997

LISCHER, J. UND P. OSSENT: Sole ulcers in Dairy Cattle - What's new about an old disease? Proceedings of the XIth Symposium on Disorders of the Ruminant Digit, Parma, 3.-7. Sept. 2000, S. 46-48

MÜLLING, CH.: Struktur, Verhornung und Hornqualität der Rinderklaue und ihre Bedeutung für die Entstehung von Klauenerkrankungen. Schweiz. Tierärztetage 1998, S. 120

RESSLER, G.: Die Klauen tragen die Milch. Der fortschrittliche Landwirt 23, 1998, S. 25-34

RÜSSE, M.W.: Bessere Fruchtbarkeit beim Rind - Störungen sind vermeidbar. Verlagsunion Agrar, DLG-Verlags GmbH, Frankfurt, 1986, S. 50-51

TOUSSAINT RAVEN, E.: Klauenpflege beim Rind. Universität Utrecht, NL, 1998

VERMUNT, J.J.: Risk factors of laminitis - an overview. Proceedings of the XIth Symposium on Disorders of the Ruminant Digit, Parma, 3.-7. Sept. 2000, S. 34-45

WEBER, R.: Trittsicherheit von Stallbodenbelägen. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, Tänikon, Schweiz, 1985, FAT-Bericht 280

ZEDDIES, J.: Zur Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Tierarzneimitteln und tierärztlichen Behandlungen. Tierärztliche Umschau 52, 1997, S. 23-26

Development of soft walking areas and investigation of their effects on behaviour and claw health

BENZ, BARBARA; THOMAS JUNGBLUTH AND HERMANN WANDEL

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany

Free housing systems expect great things from the cow's locomotion ability. At the moment increasing occurence of lameness present a big economical and ethical problem.

Lots of stress factors reduce the quality of the horn and/or damage the very important suspensory apparatus of the bovine hoof.

In order to prevent technopathies at the claws, the slatted floor is covered with perforated rubber mats. The health of the hoofs, as well as ease of movement and comfort, are the object of the study. Soft flooring is favourable for the hoof function, therefore positive results can be expected as has been confirmed with initial results.

The cow experiences normal walking and comfort on soft surfaces, unimpeded by the danger of slipping. Hoof ailments occur less frequently and are less severe. This may lead to generally improved physical condition and few stress related ailments.

Auswirkungen unterschiedlich gestalteter Laufflächen auf die Klauengesundheit von Milchkühen

GEORG, H.[1], W. MEYER[1], O. DISTL[2] UND F.-J. BOCKISCH[1]

[1] Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
[2] Institut für Tierzucht, Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 17p, 30559 Hannover

1 Einleitung

Klauenkrankheiten treten in der Rinderhaltung, besonders in der Milchviehhaltung immer häufiger auf und erlangen zunehmend wirtschaftliche Bedeutung. Dabei sind sie nicht nur oft Grund von Abgangsursachen, sondern spielen auch als subklinische und chronische Erkrankungen, die zu Leistungseinbußen führen, eine wichtige Rolle. Die heutzutage üblichen einstrohlosen Haltungssysteme stellen an die Gliedmaßen und besonders an die Klauen höhere Anforderungen als die herkömmliche Anbindehaltung. Die Klauen stehen in Kontakt mit ständig feuchten und oft unsauberen Laufflächen, was zu einer Erhöhung des Wassergehaltes und zu einer Abnahme der Abriebfestigkeit des Klauenhorns führt und zudem eine hohe Keimbelastung an den Klauen hervorruft. Folge ist eine schlechtere Widerstandsfähigkeit der Klauen.

2 Bedeutung und Ursachen von Klauenkrankeiten

Die wirtschaftlichen Verluste, die durch Klauenkrankheiten hervorgerufen werden, lassen sich in drei Bereiche einteilen: 1. Verlust durch vorzeitiges Ausscheiden, 2. durch Leistungseinbußen und 3. durch verursachte Behandlungskosten, Zeitaufwand für die Behandlung, zusätzliche Betreuung und Pflege.

Nach den Jahresberichten der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. (ADR) zählen 1997 Klauen- und Gliedmaßenprobleme mit 8,7 % zu den häufigsten Gründen für den Abgang von Kühen. GREENOUGH ET AL. (1997) schätzen die durchschnittlichen Kosten pro Lahmheitsfall in Großbritannien auf 714 DM.

Lahmheit beruht auf einem multifaktoriellen Geschehen (GREENOUGH ET AL. 1997, BLOWEY 1998, TOUSSAINT RAVEN 1985). Als Einflussfaktoren wirken Veranlagung, Ernährung, Haltung, Verhalten und Infektionsdruck auf die Klauen. Die Klauenrehe (Laminitis) spielt dabei eine herausragende Rolle, weil sie nicht nur als eigenständige Krankheit, sondern auch als prädisponierender Faktor für andere Klauenerkrankungen (z.B. Ballenhornfäule, Doppelsohle, Sohlengeschwür) in Erscheinung tritt (GREENOUGH ET AL. 1985, MACLEAN 1971, TOUSSAINT RAVEN 1985).

Haltungsbedingte Klauenprobleme

Ursache für die zunehmende Zahl der Abgänge bzw. Erkrankungen und Leistungsabfälle sind nicht zuletzt auch die Haltungsbedingungen. Nach BRENTRUP (1995) hat der Boxenlaufstall zwar arbeitswirtschaftliche Vorteile gebracht, die Klauengesundheit ist jedoch für viele Landwirte zum Problem geworden. Als Hauptursache für Klauenläsionen bei Kühen und Mastbullen gibt GROTH (1985) nasse, verschmutzte Stand- und Laufflächen an. Nach BLOWEY (1998) beträgt der Wassergehalt von „normalem" Horn etwa 15 %, dieser kann sich jedoch fast verdoppeln, wenn sich die Klauen ständig auf nassem Untergrund befinden. Ähnliche Werte finden sich bei THYSEN (1986) an, sie liegen zwischen 20,3 % an den Vorderklauen bei Anbindehaltung und 30,4 % an den Hinterklauen auf planbefestigtem Boden. Klauenerkrankunngen werden unter anderem hervorgerufen durch Aufweichung des Hornschuhes und der Haut im Klauenbereich und bei einer Kumulation von Eiter- und Nekroseerregern, oder durch Bodenverhältnisse, die Anlass zu Verletzungen im Klauenbereich sind (GROTH 1985).

3 Zielsetzung der Untersuchung

Hauptziel dieses Projektes ist es daher, herauszufinden, ob und in welchem Maße sich durch die baulichen Modifikationen im Fressplatzbereich die Klauengesundheit und die Klauenhornqualität der Tiere verbessert. Dabei wurde das Konzept für eine trocknende „Klauenwanne" im Fressbereich planbefestigter Stallböden in einer praktischen Untersuchung überprüft. Bei der Klauenwanne handelt es sich um eine Vertiefung im letzten Drittel des Fressstandes (Abb. 1), welche die Tiere automatisch zum Erreichen des Fressplatzes betreten. Die Klauenwanne wird mit einer Substanz gefüllt, die auf das Klauenhorn trocknend wirkt und dadurch den Klauenhornschuh widerstandsfähiger macht. Substanzen mit zusätzlich desinfizierender Wirkung sollen den Infektionsdruck senken und dadurch die Klauengesundheit weiter verbessern. Da von Klauenkrankheiten besonders die Hintergliedmaßen betroffen sind, wurde die Klauenwanne im hinteren Bereich des Fressstandes eingerichtet. Die Fressplatzbereiche werden durch Bügelrohre in einzelne Fressstände abgegrenzt Diese Abtrennung soll verhindern, dass die Tiere schräg zum Fressgitter stehen und so die Klauenwanne stark verschmutzen. Der Fressstand mit der Klauenwanne wurde als Fertigbetonteil ausgeführt, das zwischen Fressgitter und Laufgang installiert ist. Dieses ist gegenüber der Lauffläche um etwa 20 cm höhergelegen und bietet auch den Vorderklauen aufgrund eines Gefälles von ca. 2 % zum Laufgang hin einen trockenen Standplatz.

Als weitere Untersuchungsvariante wurde der Fressbereich auf Spaltenboden mit einer Gummiauflage versehen. Eine desinfizierende Substanz, im folgenden Hygienemittel genannt, wurde auf den mit Gummiauflage bedeckten Spaltenboden eingesetzt und soll hier ebenfalls trocknend und desinfizierend wirken. Auf dem Spaltenboden erfolgt ebenfalls eine Aufteilung einzelner Fressplätze durch eine Abgrenzung mittels Bügelrohre. Hier soll die Begrenzung dazu führen, dass die Tiere nur auf der Gummiauflage stehen und diese nicht als Lauf- oder Liegefläche nutzen. Die Lauffläche ist ohne Gummibelag vorgesehen, weil dieser im Laufbereich einen zu geringen Abrieb der Klauen verursachen würde.

Durch den Einbau der Klauenwanne und der Gummimatte in die Fressstände ist eine lange Einwirkungszeit der Substanz gewährleistet, da sich die Tiere hier ca. 30 % der Tageszeit aufhalten. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem möglichen Verbringen des Hygienemittels in Liegeboxen liegt darin, dass die Tiere in den Fressständen stehen, so dass ein sehr enger Kontakt der Klauen zu den Substanzen gegeben ist. Jedoch wird eine Berührung mit der Haut, insbesondere mit dem Euter, welche eventuell zu Irritationen führen könnte, verhindert.

4 Material und Methoden

4.1 Stallgebäude

Bei dem Stall handelt es sich um einen variablen Stall, indem einzelne Bauelemente (z.B. Bodenelemente der Lauffläche) ausgetauscht werden können und indem 48 Rinder in 4 Gruppen getestet werden können. In diesem Fall bestand die Bodengestaltung der einen Stallhälfte aus einem planbefestigten Boden mit Schieberentmistung (Gruppe 1 und 2) und die andere aus einem Flächenspaltenboden (Gruppe 3 und 4).

Die Füllsubstanz für die Klauenwanne bestand aus zwei Komponenten, zum einen dem Trägermaterial wie zum Beispiel: Sägemehl, Ca-Bentonit oder Rindenmulch. Als zweite Komponente wurde ein Hygienemittel, zum Beispiel Desan® oder Stalosan® F vorgesehen, welches auch als Einstreumittel für den gummibelegten Spaltenboden verwendet wurde.

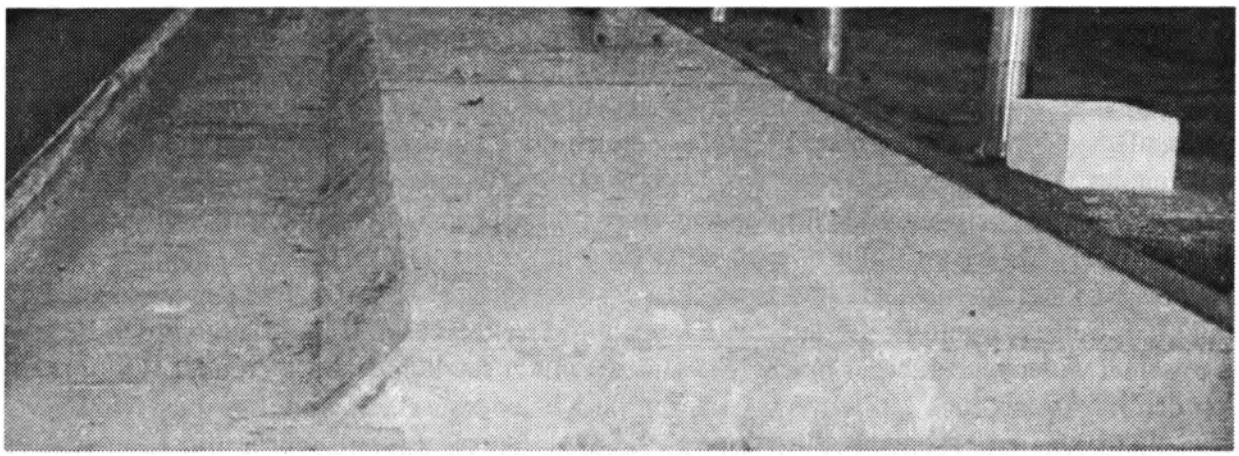


Abb. 1: Klauenwanne als Fertigbetonteil ohne Füllung
Foot bath as prefabricated concrete piece without filling

4.2 Untersuchungsparameter

Die praktische Versuchsdurchführung gliederte sich in eine dreieinhalbmonatige Vor- und eine sechsmonatige Hauptversuchsphase. Im Vorversuch werden vier Tiergruppen mit jeweils 12 Färsen gebildet. Der Hauptversuch wurde mit der gleichen Gruppenzahl und -größe durchgeführt, jedoch wurden hier Milchkühe eingesetzt. Die Auswahl der Tiere erfolgte anhand folgender Kriterien: Alter, Abstammung (Zuchtwert), Gliedmaßenstellung, Klauenform, Gesundheitsstatus der Klauen, Allgemeingesundheit und Vorbericht. Für die Erfassung des Klauenstatus wurde Klauenmaße, der Gesundheitsstatus der Klauen sowie Beurteilungen von Klauenform und Gliedmaßenstellung erhoben. Folgende Klauenmaße wurden erfasst: Dorsalwandlänge, Dorsalwandwinkel, Diagonale, Trachtenwandlänge, Trachtenwandhöhe, Fußungsfläche, Wachstum und Abrieb (nur im Hauptversuch). Zusätzlich wurde die Klauenhornhärte nach Shore D und der Wassergehalt des Klauenhorns gemessen, um den trocknenden Effekt der benutzten Substanz zu überprüfen. Der Klauengesundheitsstatus wird durch eine kurze allgemeine und anschließende spezielle klinische Untersuchung der Klauen bestimmt.

Vorversuch

Im Vorversuch war neben der Überprüfung der Funktionalität der Klauenwanne und der gummibelegten Fressstände die Auswahl der Einstreumaterialien und die Erprobung der auf die Klauen bezogenen Untersuchungs- und Messverfahren vorgesehen. Dazu erfolgte eine mehrmalige Erfassung des Klauenstatus, die an acht jeweils zufällig ausgewählten Tieren pro Gruppe durchgeführt wurde. Folgende Trägermaterialien wurden eingesetzt: Sägemehl, Hobelspäne, Rindenmulch, Ca-Bentonit, Holzfaser-Bentonit, Strohpellets, Leinenstroh und Sand.

Als Hygienemittel wurden Desan®, Stalosan F®, Dri-Li® und Branntkalk verwendet. Dabei handelt es sich um pulverförmige Substanzen, die alle seit einiger Zeit zur Stalldesinfektion bzw. zur Verbesserung der Stallhygiene hauptsächlich im Bereich der Liegeflächen in Rinderställen eingesetzt werden. Die desinfizierende Wirkung des Materials wurde durch die Bestimmung des mikrobiellen Status der Füllsubstanz im Vergleich zur Lauffläche ermittelt. Die Proben wurden nach den Vorschriften des Labors entnommen, an dieses geschickt und ausgewertet.

Hauptversuch

Im Hauptversuch wurde die Stallanordnungen mit und ohne Klauenwanne sowie mit und ohne Gummimattenauflage im Versuchsstall verglichen. In Gruppe 2 wurde die Klauenwanne eingesetzt und Gruppe 1 diente als Vergleichsgruppe. Auf der Spaltenbodenseite wurde Gruppe 3 mit den Fressständen und der Gummiauflage ausgestattet, hier wurde Gruppe 4 als Referenzgruppe herangezogen. Die Klauenwanne wurde mit Strohpellets gefüllt und die Gummiauflage mit Stalosan F® als Hygienemittel versehen.

Auf der planbefestigten Seite erfolgte die Bestimmung der Trockensubstanz und die Erfassung des mikrobiellen Status jeweils einmal pro Woche und am Ende einer Füllungsperiode. Auf der Stallseite mit dem Spaltenboden wurde parallel die Oberflächenfeuchte und die mikrobiologische Untersuchung auch jeweils einmal pro Woche und am Ende der wieder erneuertern Einstreu durchgeführt.

Die Klauenmessungen, der Klauengesundheitsstatus und die Beurteilung von Klauenform und Gliedmaßenstellung wurden in regelmäßigen Abständen an allen 48 Tieren durchgeführt. Für die Messung von Wachstum und Abrieb der Klauen wurde das Klauenhorn an der Dorsalwand und der Außenwand mit Hilfe eines „Akkubohrers" markiert.

5 Ergebnisse

Von den in der Voruntersuchung verwendeten Füllsubstanzen für die Klauenwanne schieden drei Materialien nach kurzer Zeit aus: Sand (Probleme mit Güllesystem), Ca-Bentonit (rutschige Lauffläche) und Strohhäcksel (Probleme mit Güllesystem). Aus den verbliebenen Materialien wurden Strohpellets ausgewählt. Die Gründe dafür lagen in der Güllevertäglichkeit, Staubarmut und Verbleib im landwirtschaftlichen Stoffkreislauf.

Auswertungen bei den in regelmäßigen Abständen durchgeführten Härtemessungen zeigen, dass die Härte der Hinterklauen mit Klauenwanne gegenüber der Variante ohne Klauenwanne bis zum Versuchsende leicht zunimmt.

Die Bauweise der Klauenwanne bzw. des Fressstandes wurde weitgehend beibehalten, es wurden nur einige kleine Veränderungen vorgenommen. Die Wanne wurde flacher ausgeführt, um den Materialverbrauch zu senken und um eine zu stark geneigte Standfläche der Tiere bei hohem Materialaustrag zu verhindern. Gegenüber dem Vorversuch wurde die Standlänge verkürzt. Am hinteren Ende der Klauenwanne wurde ein Gummilappen befestigt, der als Abstreifer für die Klauen wirkte und den Materialaustrag ebenfalls reduzierte.

6 Literatur

BLOWEY, R. (1998): Klauenpflege bei Rindern und Behandlung von Lahmheiten. Ulmer, Stuttgart

BRENTRUP, H. (1995): Abgangsursachen bei Milchkühen. Agrar-Übersicht 46, H. 7, S. 74-81

GREENOUGH, P.R., A.D. WEAVER, D.M. BROOM, R.J. ESSLEMONT AND F.A. GALINDO (1997): Basic Concepts of Bovine Lameness. In: GREENOUGH, P.R. AND A.D. WEAVER (Eds.): Lameness in Cattle. W.B. Saunders Company

GROTH, W. (1985): Kriterien für die Beurteilung von Haltungssystemen für Milchkühe und Mastbullen aus klinischer Sicht. Tierärztl. Umschau 40, S. 739-750

MACLEAN, C.W. (1971): The long-term effects of laminits in dairy cows. Vet. Rec. 89, S. 34-37

THYSEN, I. (1986): Foot and Leg Disorders in Dairy Cattle in Different Housing Systems. In: Cattle Housing Systems, Lameness and Behavior. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster, 1987, S. 166-178

TOUSSAINT RAVEN, E. (1985): Cattle Footcare and Claw trimming. Großbritannien, Farming Press Ltd.

Effects of different floor types on claw health of dairy cows

GEORG, H.[1], W. MEYER[1], O. DISTL[2] AND F.-J. BOCKISCH[1]

[1] Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany
[2] Institut für Tierzucht, Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 17p, 30559 Hannover, Germany

Analysis of claw diseases within the last two decades showed a dependence between lameness and housing environment. Besides the fact, that lameness is a multifactorial disease, housing of dairy cows in cubicle loose housing systems is one major factor on increasing culling rates regarding lameness in German dairy herds. The claws of dairy cows are effected by wet and dirty surfaces of the alleys and passages. The water content of the horn increases, the resistance against bacterial and fungal infections decreases, as long as claws are in contact with the wet environment. The idea of the described experiment was to dry claws with a different structure of floor types and design of the feeding area, where cows spend 3 up to 6 hours per day standing in a feeding rack. A type of dry foot bath was designed, working with the hind limbs to make them drier and healthier. The claws of 48 dairy cows were examined during the experimental period, lasting 6 months. The evaluation included measurements of hardness according shore D, conductivity (water content), claw measurements, microbiological status of the dry foot bath and prints of the sole area.

First results show that hardness of claws increases slightly at the end of the experiment, the design of the feeding area was improved in order to get a dry surface.

Trittsicherheit von Stallfußböden aus Beton

RICHTER, THOMAS

Bauberatung Zement, Friedrich-List-Str. 28-30, 04103 Leipzig

1 Anforderungen an Stallfußböden

Stallfußböden besitzen einen wesentlichen Einfluss auf die artgerechte Tierhaltung und deren Wirtschaftlichkeit. Der Beitrag bezieht sich vorwiegend auf nicht eingestreute planbefestigte Böden aus Beton. Die Ergebnisse können aber weitgehend auch auf Spaltenböden übertragen werden. Im Bereich von nicht eingestreuten Stallflächen treten hohe mechanische Beanspruchungen auf, besonders durch schleifende Entmistungsgeräte. Dazu kommen ständige Feuchte und Verschmutzungen, die die Trittsicherheit herabsetzen. In diesen Bereichen müssen erhöhte Anforderungen an die Griffigkeit und Verschleißfestigkeit des Betons gestellt werden, um zu vermeiden, dass im Laufe der Zeit die Oberfläche zu glatt wird.

Böden mit ungenügender Trittsicherheit („rutschige" Oberflächen) können erhebliche Tierverletzungen hervorrufen, z.B. Zerrungen, Knochenbrüche, Bänderrisse, aber auch Klauenerkrankungen fördern (BOCKISCH 2000). Bisherige Vergleichsuntersuchungen zur Trittsicherheit (WEBER 1985, HERRMANN 1996) nutzen „Beton" als Vergleichsbasis ohne weitere Differenzierung und ohne Berücksichtigung der unterschiedlichen Betonqualitäten und Ausführungsvarianten. REIMANN UND FREIBERGER (1998) vergleicht Betone mit unterschiedlichen Zuschlägen, ohne aber auf unterschiedliche Betonfestigkeiten und Oberflächenausführungen einzugehen. Im Stallbau wird heute oft Beton der Festigkeitsklasse B 25 eingesetzt, der für eine starke mechanische Beanspruchung wenig geeignet ist. Erforderlich ist eine Optimierung der Betonoberfläche durch hohe Betonfestigkeit (B 35), geeignete Betonzusammensetzung, fachgerechte Betonverarbeitung und tierangepasste Oberflächenprofilierung.

2 Griffigkeit und Trittsicherheit

Die Griffigkeit von Oberflächen spielt nicht nur in der Tierhaltung eine große Rolle. 10 - 15 % der Arbeits- und Wegeunfälle in Deutschland sind auf Ausrutschen zurückzuführen, im Nahrungs- und Gaststättenbereich sogar ca. 50 % (SKIBA ET AL. 1994). Sowohl für menschliche Arbeitsräume (ZH 1/571) als auch beim Bau von Beton- und Asphaltstraßen sowie für gepflasterte Fußwege werden Anforderungen an die Trittsicherheit gestellt (FGSV 1997, 2000).

Bei der Diskussion um Stallfußböden werden die Begriffe „Griffigkeit", „Rutschwiderstand" und „Trittsicherheit" teilweise parallel und ohne genaue Abgrenzung verwendet. In Anlehnung an Definitionen aus dem Straßenbau sollten die Begriffe wie folgt verwendet werden:

- Griffigkeit: Wirkung der Rauheit der Oberfläche auf den Kraftschluss Klaue/Bodenoberfläche bei Nässe, gemessen unter festgelegten Prüfbedingungen; wird wesentlich durch die Rauheit der Oberfläche (Textur) bestimmt.
- Rutschwiderstand: Kombination von Haft- und Gleitreibungskräften, die den Widerstand gegen Ausgleiten auf der Bodenoberfläche bewirken.
- Trittsicherheit: wird bestimmt von messbaren und nicht messbaren Eigenschaften und den subjektiven Erfahrungen des Tieres.

Der Ausgleitvorgang auf einem nicht ausreichend griffigem Boden ist ein sehr komplexer Vorgang, bei dem sowohl der Haft- als auch der Gleitwiderstand der Oberfläche maßgebend sein kann. Die aktivierbaren Reibungskräfte werden dabei stets in hohem Maße vom Zustand der Oberfläche mit beeinflusst (trocken, nass, verunreinigt). Die kritische Phase des Ausgleitens ist das Aufsetzen der Klaue auf den Boden. Zu diesem Zeitpunkt sind die Horizontalkräfte am Größten. Durch Feuchtigkeit und Verschmutzungen fehlt der direkte Kontakt zum Boden und muss erst hergestellt werden.

Jede Fußbodenoberfläche weist Abweichungen von der ebenen Fläche auf. Die Bodenfläche bildet (mikroskopisch gesehen) eine Kraterlandschaft. Die rutschhemmende Wirkung entsteht durch Spitzen (Kontaktpunkte) und Täler (Verdrängungsraum für Verschmutzungen und Nässe). Aus den Forschungen zur Arbeitssicherheit von Menschen (SKIBA ET AL. 1995) ist bekannt, dass die Micro- und die Makrorauheit Einfluss auf den Rutschwiderstand haben.

Die Mikrorauheit (man könnte auch Schärfe der Oberfläche sagen) umfasst alle Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung ≤ 0,5 mm. Die Mikrorauheit stellt einen sicheren Kraftschluss zwischen Klaue und Oberfläche her. Die Mikrorauheit bei Beton wird sowohl durch die Oberflächenrauheit der verwendeten Zuschläge als auch durch die Festigkeit des oberflächennahen Betons bestimmt. Durch die schleifende Wirkung der mechanischen Entmistungsgeräte (Räumer bzw. Schiebeschilde) nimmt die Mikrorauheit im Laufe der Zeit ab. Wichtig ist eine hohe Polierresistenz der groben und feinen Zuschläge sowie eine hohe Festigkeit des Betons für den dauerhaften Erhalt der Mikrorauheit.

Die Makrorauheit umfasst alle Rauheitselemente der Oberfläche > 0,5 mm, wobei Rauheitselemente bis in eine Großenordnung von 10 mm die Reibung zwischen Klaue und Bodenoberfläche günstig beeinflussen. Eine gewisse Makrorauheit ist notwendig, damit auch bei starker Verschmutzung ein Kraftschluss zwischen Klaue und Boden entsteht. Die Makrorauheit wird entweder durch zusätzliche Bearbeitungsschritte bei der Herstellung in den frischen, plastischen Beton eingeprägt oder nachträglich in den erhärteten Beton eingefräst oder -geschnitten.

3 Messung des Rutschwiderstands

Ein praktikables Verfahren, das Haft- und Gleitreibungskräfte gleichzeitig oder nacheinander messen kann, existiert bisher nicht. Aus den wenigen am Markt verfügbaren Messgeräten und Messmethoden erscheint das SRT-Pendel-Gerät (Skid-Resistance-Tester) als das Geeignetste. Gründe dafür sind eine am Ausgleitvorgang orientierte Messung, eine weite Verbreitung des Geräts (Straßen- und Fußwegbau) sowie Handlichkeit und Mobilität.

Die Prüfung mit dem SRT-Gerät stellt den wahrscheinlich z. Z. größtmöglichen Kompromiss dar. Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip des Reibenergieverlusts. Ein pendelnder Gummiprüfkörper gleitet über die zu messende (Stallboden)oberfläche, schwingt mit seiner Restenergie durch und führt dabei den Schleppzeiger des Geräts über die Messskala. Auf dem oberen Totpunkt bleibt der Zeiger stehen und zeigt die gemessene Reibzahl, den sogenannten SRT-Wert an. Je stärker der Gummifuß abgebremst wird, um so höher ist die Griffigkeit des Fußbodens. Dieses Verfahren ist eine eingeführte und praktische Prüfung für die punktuelle Rauheitsüberprüfung auf Fahrbahnen und Fußwegen (FGSV 1972, FGSV 1997). Es stellt sich aber die Frage nach der Übertragbarkeit der Griffigkeitsmessung von Straßen und Fußwegen auf das geringe Lauftempo von Rindern. Wichtig ist jedoch nicht die Fahr- oder Laufgeschwindigkeit sondern die Ausgleitgeschwindigkeit, die aus einer zu geringen Reibung zwischen Klaue und Bodenoberfläche resultiert. Die Ausgleitgeschwindigkeiten von Rindern liegen regelmäßig über 1,5 m/s, in Extremfällen können 5 m/s auftreten. Die Pendelgeschwindigkeit von 2,8 m/s (= 10 km/h) liegt damit im Bereich der Ausgleitgeschwindigkeiten.

Der mit dem SRT-Pendel gemessene Griffigkeitswert charakterisiert vorrangig die Mikrorauheit. Für die Messung der Makrorauheit ist ein zweites Messverfahren notwendig, z.B. mit dem Ausflussmesser. Der Ausflussmesser ist ein geeichter, oben und unten offener Glaszylinder. Das untere Ende mündet in einen Messing-Gewichtskranz, in dem eine ringförmige Gummilippe eingearbeitet ist. Die Eichung besteht darin, dass das Gewicht des leeren Zylinders die Gummilippe an eine glatte Glasscheibe so andrückt, dass gerade die Wasserdichtigkeit in der Aufstandsfläche des Zylinders erzeugt wird. Jede andere Unterlage, z.B. Betonoberflächen, führen zu spezifischen Undichtigkeiten es Zylinders. Es wird die Zeit gemessen, um das Wasser im Zylinder zwischen zwei Messmarken absinken zu lassen.

Die Kombination von SRT-Wert und Ausflusszeit gibt ein hinreichend sicheres Bild der Oberflächenrauhigkeit und damit des Rutschwiderstands. Als Primärwert kann der SRT-Wert gelten, der Zeitwert des Ausflussmessers ist eine wichtige Ergänzungsgröße zur Beurteilung der „Dränierbarkeit" der Oberfläche.

4 Betonzusammensetzung

Die Betonzusammensetzung muss neben der statischen Tragfähigkeit und der Wasserundurchlässigkeit auch eine möglichst dauerhafte Griffigkeit des Stallfußbodens gewährleisten. Im Betonbau werden solche Betone als „Betone mit hohem Verschleißwiderstand" bezeichnet. Die Mischungen zeichnen sich mindestens aus durch Betonfestigkeitsklasse B 35 (Mindestdruckfestigkeit 35 N/mm² nach 28 Tagen), Wasserzementwerte ≤ 0,50, weiche Regelkonsistenz KR, eingestellt durch Betonverflüssiger oder Fließmittel, max. 350 kg/m³ Zement bei einem Zuschlaggrößtkorn von 32 mm. Zu bevorzugen sind Zuschlagsieblinien im günstigen Bereich AIB, Hartgesteinssplitte im Korngrößenbereich > 4 mm und quarzitische Sande.

Ein Beton B 35 erhöht die Verschleißfestigkeit etwa um 20 % bis 30 % gegenüber einem B 25. Eine gezielte Herstellung eines B 35 ist aber nur im Transportbetonwerk möglich. Der Landwirt als „Hobbymischer" hat hier keine Chance. Ihm fehlen dazu die Erfahrungen als auch die notwendigen Misch- und Dosiergeräte. Er kann allerdings beim Einbau des Betons im Stall mitwirken, dabei ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede zu Betonen geringerer Güte. Eine zusätzliche Wasserzugabe auf der Baustelle (zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit) ist unzulässig und verschlechtert die Betonqualität deutlich. So musste bei Festigkeitskontrollen an glatt gewordenen Fußböden festgestellt werden, dass in nicht wenigen Fällen die geplante Betondruckfestigkeit nicht erreicht wurde, was z. B. an zusätzlichen Wasserzugaben, falscher Mischung durch den Landwirt oder mangelnder Verdichtung und Nachbehandlung liegen kann. Die Mehrkosten für einen B 35 gegenüber einem B 25 liegen bei Transportbeton nur bei 1 bis 3 DM/m² Betonfläche.

Weitere Verbesserungen der Dauerhaftigkeit der Betonoberfläche und zur Verringerung des Verschleißes sind möglich durch Vergütung der frischen Betonoberfläche durch Einarbeiten von Hartstoffen (ca. 5 kg/m² Hartstoff A nach DIN 1100); Mehrkosten 10 bis 15 DM/m², oder durch Aufbringen eines 8-mm-dicken Hartstoffestrichs ZE 65 A frisch in frisch auf die Betonoberfläche; der Betonboden kann dann allerdings mit einer geringeren Betongüte B 25 hergestellt werden. Die Mehrkosten betragen 15 bis 20 DM/m².

5 Betonverarbeitung

Im Hinblick auf eine optimale Festigkeit der Betonoberfläche als Voraussetzung für eine lang andauernde Griffigkeit sind zu beachten:

- beim Fördern und Einbringen des Betons Entmischungen vermeiden (gut und gleichmäßig verteilen, keine Schüttkegel),
- Beton so lange verdichten (rütteln), bis eine geschlossene Oberfläche entsteht und keine Luftporen mehr austreten. Zu langes Rütteln kann Wasser und Zementleim an die Betonoberfläche treiben und die Oberflächenfestigkeit drastisch mindern.
- Sobald der Beton nicht mehr glänzend erscheint und ein mattfeuchtes Aussehen zeigt, kann ein kräftiger (Stahl-)Besenstrich in die Oberfläche eingeprägt werden. Überschlüssige Zementschlämme wird entfernt, die Makrorauheit vergrößert. Alternativ dazu kann der Beton in einem Übergang mit einem Flügelglätter abgescheibt werden. Es entsteht eine sandpapierähnliche Struktur. Mehrere Übergänge mit dem Flügelglätter führen dagegen zu einer zu starken Glättung des Betons.

Zum Schutz gegen vorzeitiges Austrocknen des Betons muss dieser sorgfältig nachbehandelt werden, z.B. durch Auflegen einer Folie oder permanentes Besprühen mit Wasser. Die für übliche Betone vorgesehenen Mindestnachbehandlungszeiten sind wegen des hohen Verschleißwiderstandes zu verdoppeln, d.h. es ist mindestens 6 Tage bei Temperaturen $\geq 10\ ^{\circ}C$ bzw. mindestens 12 Tage bei Temperaturen $< 10\ ^{\circ}C$ nachzubehandeln.

6 Oberflächenprofilierung

In letzter Zeit sind zunehmend Profilierungen des Bodens zur Erhöhung der Trittsicherheit im Gespräch. Die Profilierungen können sowohl im frischen Zustand (Eindrücken) als auch im erhärteten Beton (Einschneiden oder Einfräsen) hergestellt werden. Mit Profilierungen wird vor allem die Grobrauheit des Betons beeinflusst. Die Profilierung von Stallböden kommt aus den USA. Allerdings herrschen dort oft andere Randbedingungen als in deutschen Ställen, z.B. Schwemmentmistung, die Profilierung der im Gefälle verlegten Bodenfläche dient der besseren Abführung des Reinigungswassers, oder Sandeinstreu der Boxen, durch die Vermischung mit Harn und Kot ist die Trittsicherheit an sich besser („Streusandeffekt"). Beim Abschieben führt der Sand gleichzeitig zu einer ständigen Aufrauung der Betonoberfläche.

Die Profilierung des frischen Betons kann mit verschiedenen Hilfsmitteln erfolgen: Betonpaddel oder Bewehrungsmatte (nur bei kleinen Flächen empfehlenswert, i.d.R. ist keine einheitliche Profilierung erreichbar), Stempel aus Metall oder Kunststoff (Getränkekiste), profilierte Walzen oder profilierte Kunststoffmatrizen.

Wichtig ist, dass keine scharfen Kanten verbleiben, die zu Klauenschädigungen führen können. Die Geometrie der Profile sollte so gewählt werden, dass ständig eine der Hauptkontaktpunkte der Klaue Kontakt zur Rille hat. Die Rille dient dann zum einen als vergrößerter Verdrängungsraum, so dass die Klaue beim Aufsetzen schneller Bodenkontakt bekommt, zum anderen verkürzen die Rillen den Rutschweg bei einem Ausgleiten, da sie eine Art Barriere bilden. Der Abstand der Rillen sollte etwa 10 cm bis 15 cm betragen, möglich sind Rauten-, Waben- oder quadratische Profilierungen. Als Tiefe reichen 0,5 cm bis 1 cm. Die Rillenbreite kann zwischen 1 cm und 5 cm liegen. Das Profilieren des frischen Betons verlangt einige Erfahrung, um den richtigen Zeitpunkt zu treffen.

7 Bewertung des Rutschwiderstands und Messungen in Ställen

Über die Messung von Grob- und Feinrauheit bilden SRT-Werte und Ausflusszeiten eine brauchbare Grundlage für die Bewertung des Rutschwiderstands (Tab. 1). Die Werte der Tabelle 1 sind als Empfehlungs- und Erfahrungswerte zu verstehen. Sie orientieren sich an der

von WEBER (1985) aufgestellten Klassifizierung und präzisieren sie. Die Tabellen 2 und 3 verdeutlichen Messwerte auf Räumerlaufbahnen von Rinderställen mit Metallschieber.

Tab. 1: Einfluss der SRT-Werte und Ausflusszeiten (AM) auf den Rutschwiderstand von Stallfußböden
Influance of SRT-Value and discharge time on the skid-resistance of stable floors

SRT [-]	AM [s]	Rauheitsangebot	Einfluss auf Rutschwiderstand und Trittsicherheit
70 ... 80	beliebig	Mikro- und Makrorauheit sind ausreichend vorhanden; ein evtl. Mangel an Mikrorauheit (AM < 40) kann durch die hohe Makrorauheit kompensiert werden.	sehr gut bis zu rau
60 ... 70			gut
50 ... 60	< 40	Mikro- und Makrorauheit können unterschiedlich stark ausgeprägt sein.	gut
	> 40		genügend
40 ... 50	< 40	Mikro- und Makrorauheit können unterschiedlich ausgeprägt sein. Ein evtl. Mangel an Mikrorauheit kann durch hohe Makrorauheit nur teilweise kompensiert werden.	genügend
	> 40		ungenügend
< 40	< 40	Der Mangel an Mikrorauheit kann durch eine hohe Makrorauheit nicht kompensiert werden.	ungenügend
	> 40	Mikro- und Makrorauheit fehlen nahezu vollständig.	zu glatt

Der Rutschwiderstand des neuen Betonfußbodens ist weitgehend unabhängig von der Betonfestigkeitsklasse. Die Unterschiede in der Zusammensetzung, Festigkeit und Verarbeitung des Betons kommen erst mit der dauernden mechanischen Beanspruchung der Böden zum Tragen, wobei sich hohe Betonqualität (mind. B 35) sowie die geschilderte Verarbeitung und Oberflächengestaltung des Betons als unabdingbar für eine dauerhaft rutschsichere Oberfläche.

Tab. 2: SRT-Werte von Räumerlaufbahnen in Abhängigkeit von der Betonqualität und Nutzungsdauer (in Klammern min / max - Werte)
SRT-Values of stable floors with mechanical dung removal installation) as function of concrete quality and service life (in brackets minimum/maximum-values)

Bodenbelag	Alter des Stallbodens			
	neu	1 Jahr	3 Jahre	5 Jahre
Beton B 15	72 (68...75)	48 (44...51)	31 (26...35)	22 (21...24)
Beton B 25	71 (69...74)	56 (53...70)	48 (44...54)	36 (34...39)
Beton B 35	74 (72...77)	66 (62...71)	63 (60...65)	56 (51...59)
Hartstoffestrich ZE 65 A	73 (70...76)	71 (69...74)	68 (66...72)	63 (60...67)

Eine Profilierung der Oberfläche kann nicht eine hohe Betonqualität ersetzen, die Profilierung kann aber zu einer zusätzlichen Verbesserung der Trittsicherheit führen. Zwischen den unterschiedlichen Betongüten bestehen deutliche Unterschiede in der Dauerhaftigkeit. Ein Beton

B 25 muss etwa nach 5 Jahren wieder aufgeraut werden, höhere Betonfestigkeitsklassen verlängern diesen Zeitraum deutlich.

Tab. 3: Messwerte mit dem Ausflussmesser
Measurements with the discharge time instrument

Ausflusszeit [s][1)]	Alter des Stallbodens		
	neu	3 Jahre	5 Jahre
Beton B 15	2 ... 30	15 ... 60	15 ... 100
Beton B 25	2 ... 30	6 ... 50	10 ... 70
Beton B 35	2 ... 30	4 ... 35	4 ... 40
Hartstoffestrich ZE 65 A	2 ... 30	2 ... 35	4 ... 35

[1)] Oberflächenbearbeitung des frischen Betons: Besenstrich ... einmal Abscheiben

Auch die Entmistungstechnik selbst kann den Verschleiß der Betonoberfläche wesentlich beeinflussen, günstig sind Kunststoff- oder Gummischienen anstelle von Metallbalken und 1 bis 2 mm Höhendifferenz zwischen Boden und Räumerbalken.

Möglichkeiten, einen zu glatt gewordenen Beton wieder aufzurauen, können dem ZEMENT-MERKBLATT LB 12 entnommen werden. Häufig eingesetzt wird das Fräsen (Kosten 10 bis 15 DM/m²). Wichtig ist, dass eine grobraue, rillierte Oberfläche entsteht. Das Fräsen verbessert die Trittsicherheit wesentlich, erhöht aber nicht die Betonfestigkeit. Je besser die Betonfestigkeit ist, um so länger wird der Stallboden auch ohne Fräsen trittsicher sein. Um so länger wird aber auch die trittsicherheitsverbessernde Wirkung des Fräsens bestehen bleiben. Auch deshalb sollte für mechanisch stark beanspruchte Flächen (Räumerlaufbahnen) ein Beton B 35 zur Anwendung kommen, zumal die Zusatzkosten für das nachträgliche Aufrauen gegenüber den Kosten für eine verbesserte Betonqualität bei der Herstellung des Stallbodens dominieren.

Skid-proofing of concrete stable floors

RICHTER, THOMAS

Bauberatung Zement, Friedrich-List-Str. 28-30, 04103 Leipzig, Germany

New housing systems, especially mechanical dung removal installations result in an increased heavy duty service of concrete surface of stable floors. The paper presents possibilities of making durable and skid proof concrete surfaces. Essentials are: Skid proof surfaces are a combination of micro and macro roughness. The Skid-Resistance-Tester (SRT) is suitable for masurement of micro roughnes. SRT has to be supplement by a method to measure the macro roughness for instance discharge measurements. The micro roughness is primary significant. A high macro roughness can compensate for low micro roughness. The use of concrete grade B 35 reduces significatly the wear of concrete stable floors compared with grade B 25. Profiled concrete surfaces additionally increase the macro roughness. Favorable mixes result from water-cement-ratios of ≤ 0,50, cement content of ≤ 350 kg/m³, aggregate gradings in the advantageous limits, coarse grit (up to 32 mm) with high polishing resistance and silicious sand. A long time curing of concrete is a useful measure to reduce wear and tear.

Einfluss von Klimafaktoren auf Milchkühe sowie Wärmeableitung verschiedener Liegeflächen in Offenställen

ZÄHNER, MICHAEL[1]; MARGRET KECK[2], WOLFGANG LANGHANS[3], BEAT WECHSLER[1] UND RUDOLF HAUSER[1]

[1] Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer u. Schweine, Bundesamt für Veterinärwesen, CH-8356 Tänikon
[2] Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik FAT, CH-8356 Tänikon
[3] Institut für Nutztierwissenschaften, Eidg. Technische Hochschule ETH, CH-8092 Zürich

1 Einleitung

Offenställe gewinnen in der Schweiz und in den benachbarten Ländern zunehmend an Bedeutung. Gesetzliche Anforderungen von Seiten des Tier- und Gewässerschutzes zwingen die Landwirte zu baulichen Anpassungen. Bei Investitionen spielen aufgrund des Preisdrucks immer häufiger die Kosten eine entscheidende Rolle. Offenställe können Vorteile einer einfachen, flexiblen, tiergerechten und kostengünstigen Baulösung sowie einer Teilnahme an Förderprogrammen für die Tierhaltung bieten. Ziele des Projektes waren:

A) die Beurteilung von verschiedenen Offenställen aus der Sicht der Tiere und die Überprüfung einer allfälligen Überforderung der Anpassungsfähigkeit der Tiere im Bereich Thermoregulation,

B) der Vergleich der Wärmeableitung verschiedener Liegeflächen für Offenställe mit Milchkühen in trockenem, feuchtem und nassem Zustand sowie mit und ohne Einstreu.

2 Fragestellung A

Um die Körpertemperatur konstant zu halten, passen sich Milchkühe einer klimatischen Belastung auf unterschiedliche Weise an: morphologisch durch Haarwachstum und Fetteinbau, physiologisch durch Schwitzen, Kältezittern und Regulation der Wärmeabgabe (Vasodilatation, Vasokonstriktion), Herz- und Atemfrequenz sowie der Ausschüttung von Corticosteroiden, ethologisch durch die Wahl des Liege- und Stehplatzes sowie eine erhöhte oder verminderte Aktivität (BIANCA 1971; YOUNG et al. 1989). Bei einer zu starken Belastung reichen die Anpassungsmechanismen der Milchkühe nicht mehr aus, die Tiere sind im Bereich Thermoregulation überfordert und ihre Körpertemperatur sinkt oder steigt.

2.1 Methode

Die Erhebungen zur Beantwortung der ersten Frage wurden auf vier Praxisbetrieben im Mittelland (A-D) und einem Betrieb im Berggebiet (E) in extremer Lage durchgeführt. Die Betriebe hatten folgende Stallsysteme:

- Liegebereich dreiseitig geschlossen und Tiefstreu (A),
- Liegebereich vierseitig offen und Liegebett (B),
- Liegebereich vierseitig geschlossen (Netz) und Tiefboxen mit Strohmatratzen (C),

- Liegebereich dreiseitig geschlossen (Cuccetten) und Hochboxen mit weichen Matten (D),
- Liegebereich vierseitig geschlossen (Holzwand) und Tiefboxen mit Strohmatratzen (E).

An je zehn zufällig ausgewählten, laktierenden Milchkühen wurden während fünf (Mittelland) bzw. drei (Berggebiet) Messperioden von vier aufeinanderfolgenden Tagen ethologische und physiologische Parameter erhoben (Betriebe A-D: zwei Perioden im Winter, eine im Frühjahr und zwei im Sommer, Betrieb E: zwei Perioden im Winter und eine im Frühjahr).

Die Parameter Liegezeit pro Tag, Anzahl Liegeperioden pro Tag (Messintervall MI = ½ Minute) und Herzfrequenz (MI = 1 Minute) wurden kontinuierlich erhoben. Zu drei verschiedenen Tageszeiten (Nacht, Morgen und Mittag, MI = 5 Minuten) erfolgte eine Direktbeobachtung für die Erfassung des Anteils liegender Tiere, der Ausnutzung der Liegefläche und der Wahl des Liegeplatzes sowie der Anzahl Verdrängungen im Liegebereich. Körpertemperatur und Cortisolkonzentration in der Milch wurden täglich jeweils abends und morgens erfasst, die Oberflächentemperatur als Wärmestrahlung an zwei Tagen abends und morgens. Die Ausnutzung der Liegefläche wurde mit folgender Formel standardisiert:
k = Anteil liegender Tiere im Bereich X / Anteil Fläche im Bereich X an Gesamtfläche;
k = 1 entspricht gleichmäßiger Ausnutzung.

2.2 Ergebnisse

Die Liegezeiten der Kühe auf den fünf Betrieben schwankten zwischen 525 und 683 Minuten pro Tag (Tab. 1). Zwischen den Betrieben und Jahreszeiten bestanden signifikante Unterschiede. In den Betrieben A bis D lagen die Tiere im Sommer weniger lang als im Winter und Frühjahr, was in der vermehrten Weidehaltung sowie im warmen Klima begründet sein kann. Die Tiere versuchten, die überschüssige Wärme im Sommer im Stehen, vor allem in schattigen und luftigen Bereichen, abzugeben. Auf dem Betrieb E hatten die Tiere im Winter bei kalter Witterung längere Fresszeiten, was die Liegezeiten verkürzte. Bei der Anzahl Liegeperioden gab es signifikante Unterschiede zwischen den Betrieben, nicht zwischen den Jahreszeiten.

Tab. 1: Liegezeit und Anzahl Liegeperioden pro Tag und pro Nacht der Kühe auf fünf Betrieben in drei bzw. zwei Jahreszeiten
Time the cows spent lying and number of lying bouts per day and per night on five farms in three and two seasons, respectively

Parameter	Betrieb / Jahreszeit	A	B	C	D	Betrieb / Jahreszeit	E
Liegezeit pro Tag (24 h) [Min]	Winter	668	575	625	659	Winter 1	573
	Frühjahr	683	563	595	656	Winter 2	543
	Sommer	525	541	563	610	Frühjahr	602
Liegezeit pro Nacht (8 h) [Min]	Winter	332	268	324	344	Winter 1	334
	Frühjahr	396	281	314	356	Winter 2	339
	Sommer	309	296	291	333	Frühjahr	353
Liegeperioden pro Tag (24 h)	Winter	10.3	13.1	9.9	9.6	Winter 1	10.4
	Frühjahr	12.1	12.7	8.9	9.8	Winter 2	10.1
	Sommer	10.1	13.6	9.4	9.9	Frühjahr	8.8
Liegeperioden pro Nacht (8 h)	Winter	4.6	6.1	4.8	4.4	Winter 1	4.8
	Frühjahr	5.2	6.1	3.6	4.5	Winter 2	5.2
	Sommer	4.6	5.8	3.9	5.1	Frühjahr	4.5

Die Ausnutzung der Liegeflächen war zwischen den Betrieben und Jahreszeiten unterschiedlich (Abb. 1). Die Kühe lagen in den Betrieben A, B und E eher im geschützten Bereich, in den Betrieben C und D im offenen Bereich. Bei der Wahl des Liegeplatzes bevorzugten die Tiere im Betrieb E sowie im Winter im Betrieb B geschützte Liegeplätze, in allen Betrieben A bis D sowie im Betrieb B im Frühjahr und Sommer dagegen offene Liegeplätze. Die höhere Ausnutzung von geschützten Bereichen in den Betrieben A mit Tiefstreu und B mit Liegebett muss nicht klimatisch begründet sein. Der geschützte Bereich in der Nähe einer Wand kann den Tieren als Rückzugsmöglichkeit und Schutz vor anderen Tieren dienen.

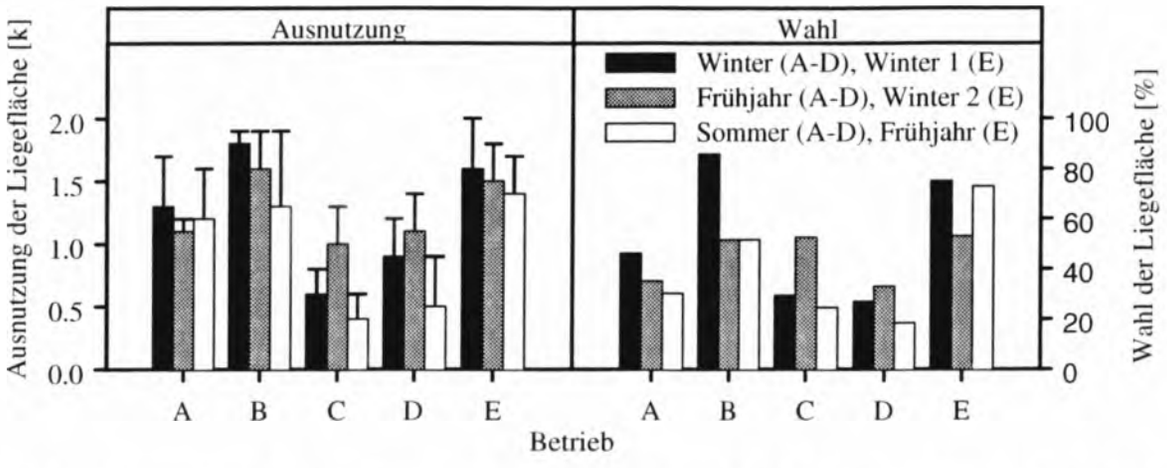


Abb. 1: Ausnutzung der geschützten Liegefläche (k) und Wahl der geschützten Liegefläche der ersten 50 %-liegender Kühe in Prozent auf fünf Betrieben in drei bzw. zwei Jahreszeiten
Use of protected lying area (k) and choice of protected lying area by the first half of the cows (in percent) on the five farms in three and two seasons, respectively

Die Körpertemperatur der Kühe schwankte zwischen den Betrieben und Jahreszeiten in einem sehr engen Bereich zwischen 38.39 °C auf den Betrieben A bis D und 38.51 °C auf dem Betrieb E im Winter und 38.50 °C auf den Betrieben A bis D und 38.48 °C auf dem Betrieb E im Frühjahr bzw. Sommer (Abb. 2). Das Klima hatte keinen Einfluss auf die Körpertemperatur.

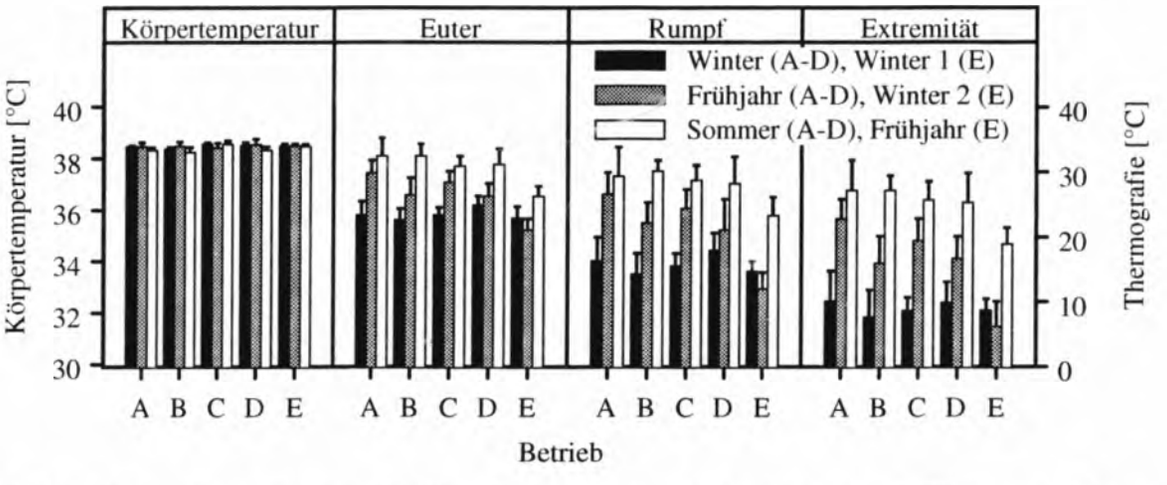


Abb. 2: Körpertemperatur sowie Oberflächentemperatur, gemessen mit Thermografie, an Euter, Rumpf und Extremität auf fünf Betrieben in drei bzw. zwei Jahreszeiten
Body temperature and surface temperature of the udder, body and legs measured by thermography on the five farms in three and two seasons, respectively

Andererseits hatte die Jahreszeit bzw. das Klima einen signifikanten Einfluss auf die Oberflächentemperatur, gemessen mit Thermografie. Dabei reagierte die Oberflächentemperatur am Euter schwächer als diejenige am Rumpf und an den Extremitäten.

Die Herzfrequenz der Kühe war in den einzelnen Jahreszeiten nicht unterschiedlich (Tab. 2). Die Cortisolkonzentration in der Milch war in den Betrieben A und D im Sommer erhöht. Der Betrieb E im Bergebiet hatte in den beiden Winterwochen höhere Cortisolkonzentrationen in der Milch als im Frühjahr.

Tab. 2: Herzfrequenz und Cortisolkonzentration in der Milch der Kühe auf fünf Betrieben in drei bzw. zwei Jahreszeiten
Heart rate and cortisol concentration in the milk of the cows on the five farms in three and two seasons, respectively

Parameter	Betrieb / Jahreszeit	A	B	C	D	Betrieb / Jahreszeit	E
Herzfrequenz [Schläge/Min.]	Winter	78.4	76.1	73.0	73.4	Winter 1	72.4
	Frühjahr	83.4	79.9	73.1	76.3	Winter 2	69.7
	Sommer	76.8	74.6	70.7	77.9	Frühjahr	68.0
Cortisolkonzentration [nmol/l]	Winter	0.88	0.87	0.93	1.03	Winter 1	1.35
	Frühjahr	0.84	0.69	0.75	1.00	Winter 2	1.03
	Sommer	1.04	0.77	0.83	1.39	Frühjahr	0.67

3 Fragestellung B

Ist die Temperatur der Liegefläche niedriger als die Temperatur des Tieres, so geht Wärme vom liegenden Tier auf die Bodenfläche über. Bei Hitze kann dies positiv, bei Kälte negativ sein. Wenn ein Tier in kalter Umgebung abliegt, erfolgt anfangs ein starker Wärmeübergang, dieser wird geringer, bis eine konstante Wärmeableitung erreicht ist. Die Zeit bis zum Erreichen konstanter Wärmeableitung sowie die Höhe der Wärmeableitung sind für den Vergleich von Liegeflächen relevant (KRAMER ET AL. 1998; NILSSON 1988; RIST UND MATHYS 1973).

3.1 Methode

Die Wärmeableitung zur Beantwortung der zweiten Fragestellung wurde in einem Experiment mit einer Heizsonde (Grundfläche von 30 x 30 cm) gemessen. Neun verschiedene Liegeflächen und vier Varianten (trocken, feucht, nass, mit zusätzlicher Strohhäckselschicht) wurden getestet. Zur Einordnung wurden die Resultate dieses Experimentes mit Erhebungen auf acht Praxisbetrieben in der Winter- und Sommersituation verglichen.

3.2 Ergebnisse

Der Vergleich der Wärmeableitung einzelner Liegeflächen lässt sich in zwei Gruppen einteilen (Abb. 3). Auf der einen Seite hatten Flächen wie Beton, Sand und herkömmliche Gummimatte eine hohe Wärmeableitung sowohl kurzzeitig als auch langfristig. Andererseits wiesen die eingestreuten Systeme sowie die weichen Matten eine niedrigere Wärmeableitung auf. Diese Beläge bieten eine bessere Isolation. Feuchte Liegeflächen erhöhten die Wärmeableitung kurzzeitig, langfristig war der Unterschied zwischen trocken und feucht nur noch klein.

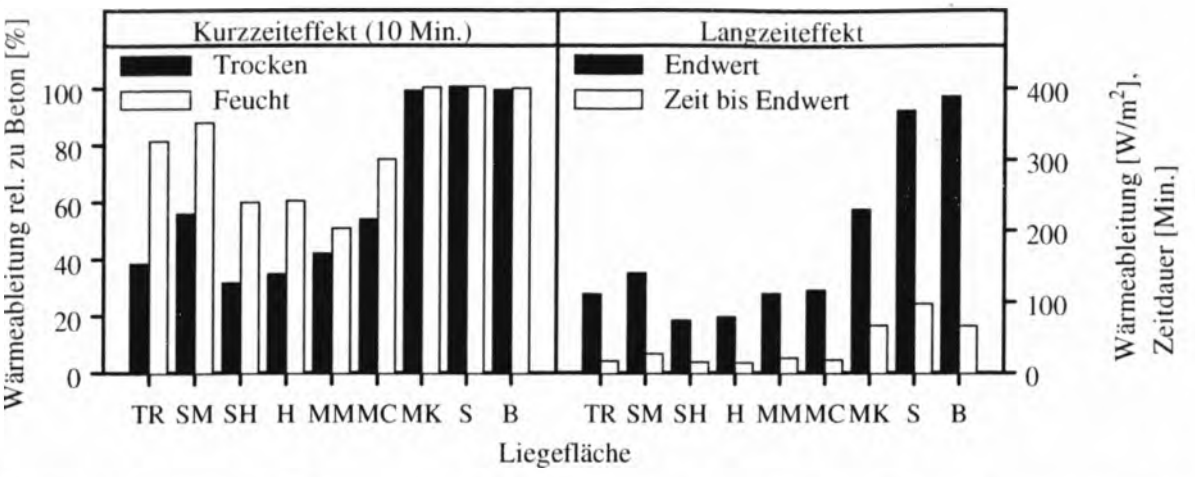


Abb. 3: Kurzzeit- und Langzeiteffekt der Wärmeableitung der Liegeflächen Tretmist TR, Strohmatratze SM, Strohhäcksel SH, Hobelspäne/Sägemehl H, Weiche Matte Mouflex MM, Comfy Cushion MC, herkömmliche Gummimatte Kraiburg MK, Sand S und Beton B in der Variante trocken und feucht
Short-term and long-term effect of heat conduction from lying surface areas with sloped floor TR, straw bedded cubicles SM, chopped straw SH, sawdust H, soft lying mats Mouflex MM, Comfy Cushion MC, conventional rubber mats Kraiburg MK, sand S and concrete B in dry and humid variation

Auf allen Betrieben war die Wärmeableitung im Winter deutlich größer als im Sommer (Abb. 4). Die Betriebe mit Tiefstreuliegefläche hatten eine niedrigere Wärmeableitung als die Liegebett- und Liegeboxenbetriebe. Zwischen den Liegeflächen der Liegeboxenbetriebe waren die Unterschiede gering.

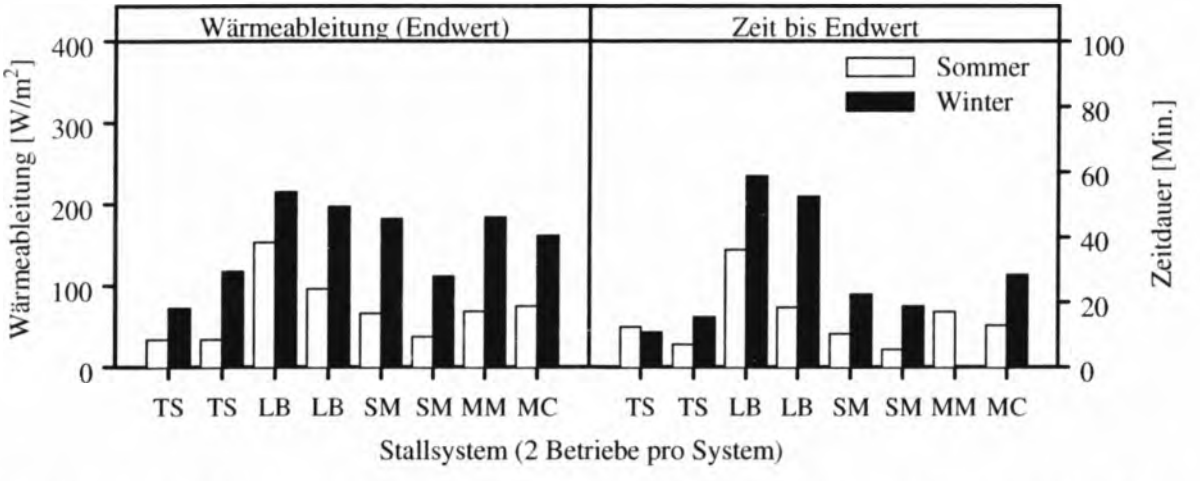


Abb. 4: Wärmeableitung [W/m²] als Endwert sowie Zeitdauer bis zum Erreichen des Endwertes von acht Betrieben: Tiefstreu TS, Liegebett LB, Liegeboxen mit Strohmatratze SM sowie mit weichen Matten MM und MC im Sommer und Winter
Heat conduction [W/m²] as final value and time to reach this final value on eight farms: deep litter TS, bedded area LB, straw bedded cubicles SM and soft lying mats MM and MC each in summer and winter

4 Folgerungen

Die Milchkühe reagierten in Offenställen sowohl im Winter als auch im Sommer auf das Klima mit Anpassungen im Bereich des Verhaltens und der Physiologie. Die Körpertemperatur war stets konstant. Die Kühe schienen demnach unter den vorgefundenen Klimabedingungen in ihrer Anpassungsfähigkeit im Bereich Thermoregulation nicht überfordert zu sein.

Eingestreute oder weiche, verformbare Liegeflächen hatten eine geringere Wärmeableitung als herkömmliche Gummimatten, Sand oder Beton. Im Winter ist diese Eigenschaft von Vorteil. Im Sommer sollten die Tiere möglichst viel Wärme abführen können. Feuchte Liegeflächen führten kurzfristig zu einer höheren Wärmeableitung. Langfristig war dieser Effekt gering.

5 Literatur

BIANCA, W. (1971): Die Anpassung des Haustieres an seine klimatische Umgebung. Schweizerische landwirtschaftliche Forschung 10, S. 155-205

KRAMER, A.J.; B. HAIDN und H. SCHÖN (1999): Energieströme beim liegenden Rind - Einflüsse der Liegeflächen. In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Technische Universität München-Weihenstephan, S. 141-146

NILSSON, C. (1988): Floors in animal houses - Technical design with respect to the biological needs of animals in reference to the thermal, friction and abrasive characteristics and the softness of the flooring material. Dissertation Lund, Sweden

RIST, M. UND H. MATHYS (1973): Zur Wärmeableitung von Tierlägerbelägen. Schweizerische landwirtschaftliche Forschung 12, S. 81-102

YOUNG, B.A.; B. WALKER, A.E. DIXON UND V.A. WALKER (1989): Physiological adaptation to the environment. Journal of Animal Science 67, S. 2426-2432

Influence of climate on dairy cows and heat conduction of different lying area surfaces in open houses

ZÄHNER, MICHAEL[1]; MARGRET KECK[2], WOLFGANG LANGHANS[3], BEAT WECHSLER[1] AND RUDOLF HAUSER[1]

[1] Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer u. Schweine, Bundesamt für Veterinärwesen, CH-8356 Tänikon
[2] Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik FAT, CH-8356 Tänikon
[3] Institut für Nutztierwissenschaften, Eidg. Technische Hochschule ETH, CH-8092 Zürich

In winter, spring and summer, a possible overstrain of the adaptability of dairy cattle with regard to thermal regulation was examined in five open houses of simple construction. The cows spent less time lying in summer than in winter and spring. Between the seasons, no significant difference could be observed in the number of lying bouts and the heart rate of the cows. Milk concentration of cortisol was increased on two farms in summer and on one farm in the mountain region in winter. In one experiment, heat conduction of different lying area surfaces was compared: littered areas and soft lying mats resulted in less heat conduction than conventional rubber mats, sand or concrete. Moist lying area surfaces produced an increase in heat conduction only for a short period of time. On eight commercial farms heat conduction was higher in winter than in summer.

Statische Optimierung von Rindviehställen aus Holz im Berggebiet

VAN CAENEGEM, LUDO

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

1 Einleitung

Bauten im Berggebiet sind extremen klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Hohe Schnee- und Windlasten sowie Bodenfrost bis in großer Tiefe erhöhen die statischen Anforderungen und verteuern die Dachstruktur und Fundamente.

Holz ist in der Schweiz eines der wichtigsten Baumaterialien für landwirtschaftliche Bauten. Es besitzt ausgezeichnete Eigenschaften, sowohl mechanisch wie auch thermodynamisch. Außerdem ist es sehr kostengünstig, insofern man sich auf Massivholz beschränken kann, und nicht gezwungen ist, Holzleimbauelemente zu verwenden. Die vorliegende Arbeit zeigt Möglichkeiten und Grenzen von Massivholz für Rindviehställe im Berggebiet. Dachneigung, Binderabstand und Spannweite beeinflussen die Abmessungen von Bindern und Pfetten. Binderabstand und Spannweite hängen selber vom Gebäudekonzept ab.

2 Dachneigung

Bei zunehmender Dachneigung steigt einerseits die gesamte Dachfläche und die Windbelastung, die Schneelast nimmt andererseits ab. Die Schneelast auf Dächern unter 2000 m Meereshöhe beträgt nach SIA Norm 160:

$$q_r = \zeta \cdot \left[1 + \left(\frac{h_0}{350}\right)^2\right] \cdot 0{,}4 \ \text{kN/m}^2$$

mit: h_0: Bezugshöhe (korrigierte Meereshöhe) in m; ζ : Dachformbeiwert.

Der Dachformbeiwert berücksichtigt die Dachneigung und die Schneeverfrachtung (Windabgewandte Seite). Der Beiwert nimmt bis 30° zu, verringert sich nachher wegen des Abgleitens des Schnees und wird null bei einer Dachneigung von 60°. Das Pfettenvolumen nimmt demzufolge oberhalb von 30° ab, obwohl die Anzahl Pfetten und die Windbelastung mit steigender Dachneigung zunehmen (Abb. 1). Die Kurven verlaufen etwa gleich für die Meereshöhen 1000, 1250 und 1500 m. Ein anderes Bild zeigt der Verlauf des erforderlichen Bindervolumens (Abb. 1). Je geringer die Meereshöhe desto stärker der Anstieg des Holzvolumens mit zunehmender Dachneigung. Ab 1500 m ü.d.M. bleibt das Holzvolumen oberhalb von 30° praktisch konstant. Einerseits nehmen oberhalb von 30° die Schneelasten ab, andererseits beeinflusst die größere Dachlänge das Moment, das durch die Windlast und das Eigengewicht der Dachhaut verursacht wird. Die Berechnungen beziehen sich auf einen Dreigelenkrahmen mit Zwischenstützen (Abb. 2).

Das Gesamtvolumen (Pfetten und Binder) zeigt für eine Meereshöhe von 1000 m eine quasi lineare Zunahme bis 40°, nachher wird der Anstieg steiler (Abb. 2). Bei 1250 m ü.d.M. verlangsamt sich oberhalb von 30° die Zunahme des Holzvolumens, während bei 1500 m ü.d.M. das erforderliche Gesamtvolumen abnimmt.

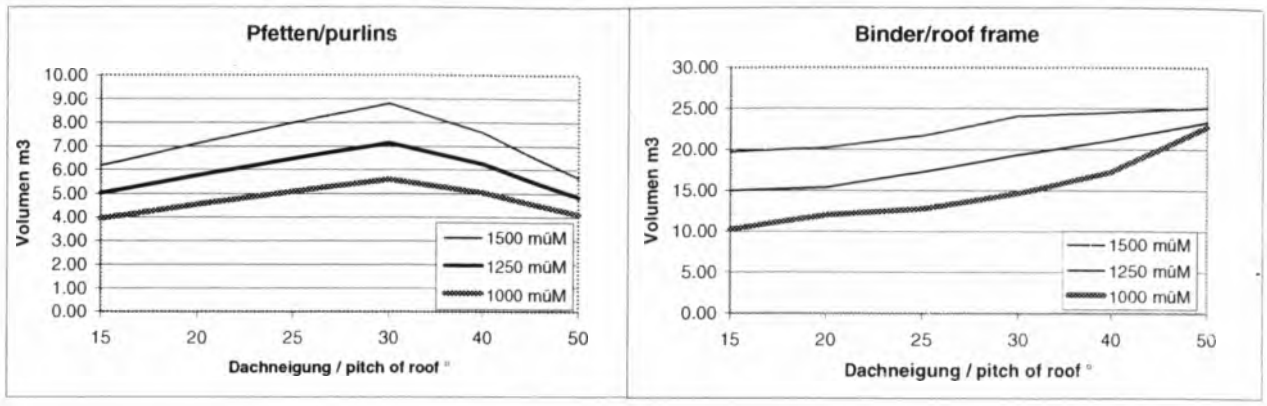


Abb. 1: Einfluss der Dachneigung auf das Volumen der Pfetten und der Binder bei drei Meereshöhen (1000, 1250 und 1500 m ü.d.M.), Binderabstand: 2 m
Influence of the pitch of the roof on the quantity of timber needed for purlins and frames at 1000, 1250 and 1500 m above sea level. Distance between roof frames 2 m

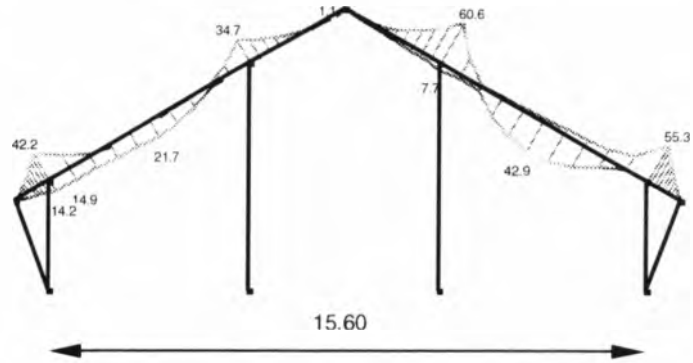


Abb. 2: Momentverlauf des Dreigelenkrahmens mit Zwischenstützen
Plot of the bending moment of the roof frame in timber with intermediate pillars

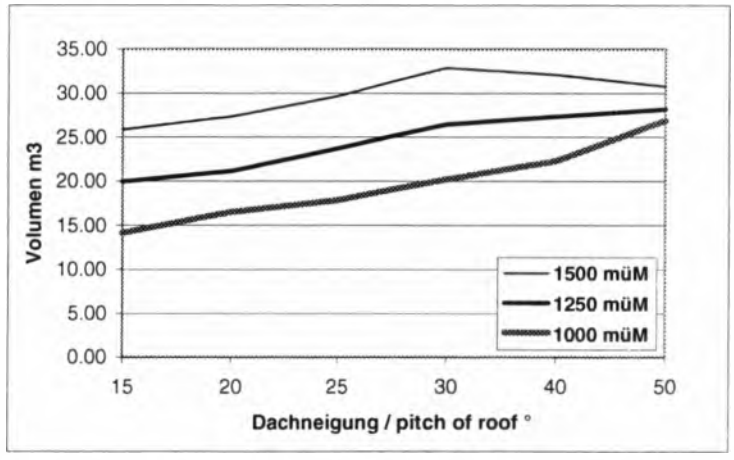


Abb. 3: Einfluss der Dachneigung auf das Gesamtvolumen der Binder (Vollholz) und Pfetten für drei Meereshöhen (1000, 1250 und 1500 m ü.d.M.), Binderabstand 2 m
Influence of the pitch of the roof on the total quantity of timber needed (purlins and frames) at 1000, 1250 and 1500 m above sea level. Distance between roof frames 2 m

Eine Dachneigung von 30° erfordert gegenüber einer Dachneigung von 15° je nach Meereshöhe zwischen 43 und 27 % mehr Holz (Abb. 3). Neben Mehrkosten für die Dachstruktur fallen bei steigender Dachneigung noch zusätzliche Kosten für die größere Dachhaut- und Wandflächen an. Will man die Kosten für Dachstruktur und Bauhülle minimieren, soll man die Dachneigung so gering wie möglich wählen. In der Praxis kann jedoch wegen des notwendigen Funktionsraums und gegebenenfalls auch wegen örtlichen Vorschriften (Heimatschutz) die Dachneigung nicht beliebig reduziert werden. Der zusätzliche Lagerraum kann eine größere Dachneigung rechtfertigen, insofern dieser Lagerraum auch rationell erschlossen werden kann.

3 Binderabstand

Je geringer der Binderabstand, desto geringer werden die Abmessungen pro Binder und Pfette, desto höher jedoch die Anzahl Binder. Eine Berechnung des Pfetten- und Bindervolumens für die gleiche Dachstruktur (Abb. 2) zeigt, das der Anteil der Pfetten am Gesamtvolumen mit zunehmendem Binderabstand sehr stark ansteigt (Abb. 4). Das Pfettenvolumen übertrifft das Bindervolumen für Binderabstände über 3,5 m. Das Holzvolumen für die Binder nimmt mit steigendem Binderabstand kontinuierlich ab. Die Abnahme kann aber den Anstieg des Pfettenvolumens nicht kompensieren. Ein Vergleich zwischen drei Meereshöhen zeigt, dass der günstigste Binderabstand hinsichtlich Holzverbrauch von der Meereshöhe abhängt (Abb. 5). Bei 1000 m und weniger ausgesprochen auch bei 1250 m ü.d.M. ist der Holzverbrauch minimal für einen Binderabstand von 1,5 m. Bei 1500 m ü.d.M. bleibt die Holzmenge etwa konstant zwischen 2 und 2,5 m. Wird der Binderabstand größer, steigt das Holzvolumen sehr stark an. Der Holzverbrauch für Pfetten und Binder ist bei einem Binderabstand von 5 m etwa 50 % größer als bei einem Abstand von 2 m.

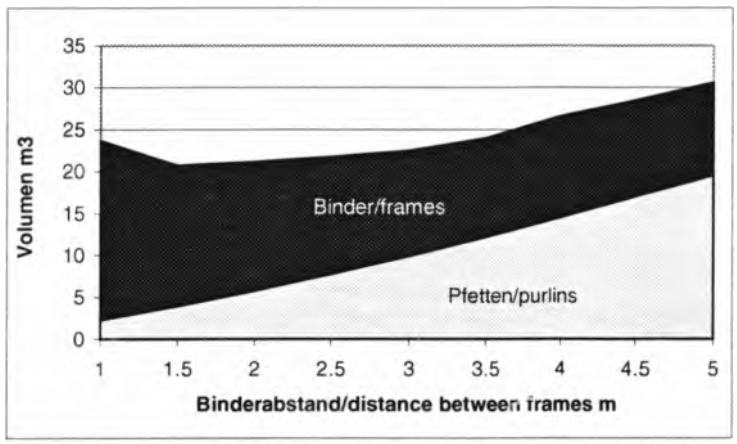


Abb. 4: Einfluss des Binderabstandes auf das Volumen der Binder (Vollholz) und Pfetten für eine Meereshöhe von 1250 m, Dachneigung 20°
Influence of the distance between the roof frames on the quantity of timber needed for purlins and frames at 1250 m above sea level. Pitch of the roof: 20°

In der Praxis kann der Binderabstand nicht immer frei gewählt werden. Bei freigespannten Bindern stört in der Regel auch ein Binderabstand von einer Boxenbreite (1,30 m) nicht, wenn nicht in der Seitenwand große Durchgänge erforderlich sind. Bei Zwischenstützen im Stallbereich soll der Abstand zwischen den Bindern mindestens so groß sein, dass der notwendige Funktionsraum nicht beeinträchtigt wird. Eine wirtschaftliche Betrachtung soll nicht nur das Holzvolumen, sondern auch die Arbeit für Anfertigung und Montage sowie auch die

Fundamente berücksichtigen. Stehen die Binder auf Einzelfundamenten, steigen die Kosten für den Unterbau mit abnehmendem Binderabstand. Bei Streifenfundamenten mit Sockel (30 - 50 cm), die im Stallbau üblich sind, hat der Binderabstand nur einen sehr geringen Einfluss auf die Kosten für die Fundamente.

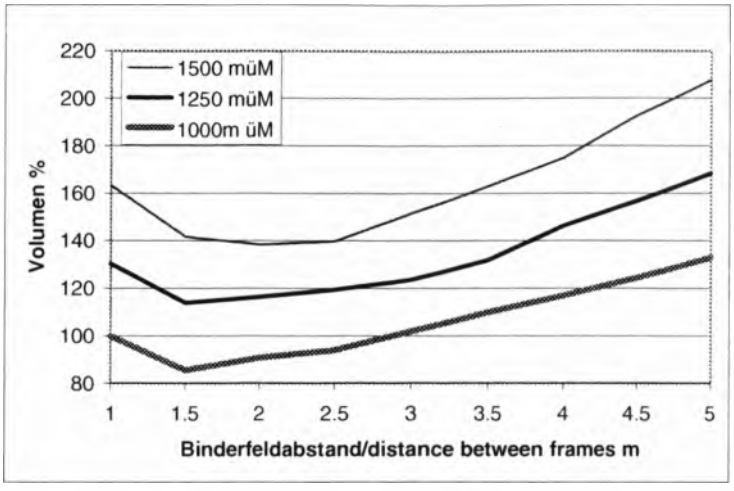


Abb. 5: Einfluss des Binderabstandes auf das Gesamtvolumen der Binder (Vollholz) und der Pfetten für drei Meereshöhen (1000, 1250 und 1500 m ü.d.M.), Dachneigung 20°
Influence of the distance between the roof frames on the total quantity of timber needed (purlins and frames) at 1000, 1250 and 1500 m above sea level. Pitch of the roof: 20°

Binder lassen sich nur in Vollholz ausführen, wenn der Binderabstand gering ist. Leimbinder weisen etwa den dreifachen Kubikmeterpreis des Vollholzes auf. Beim Beispiel (Abb. 2) beträgt der maximale Binderabstand aus Vollholz etwa 3 m für 1000 m ü.d.M., 2 m für 1250 m ü.d.M. und 1,5 m für 1500 m ü.d.M.. Durch den Einbau von Streben und Zugbändern kann der Abstand erhöht werden. Allerdings wird die Konstruktion komplizierter. Neben der Verwendung von Vollholz plädiert auch das geringere Gewicht pro Binder für kleine Binderabstände vor allem bei Selbstbau.

4 Gebäudekonzept

Ein bestimmtes Raumprogramm kann mit unterschiedlichen Gebäudekonzepten realisiert werden. Die Konzepte unterscheiden sich grundsätzlich durch die Anordnung des Heulagers: deckenlastig, erdlastig seitlich des Futtertenns oder erdlastig in einer separaten Halle, in der Regel stirnseitig mit dem Stall verbunden (Abb. 6). Jede dieser Anordnungen hat Vor- und Nachteile. Die deckenlastige Lösung beansprucht am wenigsten Bauland (günstig im geneigten Gelände) und eignet sich am besten als Warmstall. Andererseits bietet eine solche Bauweise am wenigsten Flexibilität im Stallbereich (Abstützung der Decke) und ist mit Nachteilen bei der Futterein- und -auslagerung verbunden. Befindet sich der Heustock ebenerdig entlang des Futtertenns, wird das Gebäude sehr breit. Andererseits bietet diese Baulösung die Möglichkeit das Futter mit einer Greiferanlage vor zu legen. In der Regel wird das Dach des Hauptgebäudes (Heuraum/Futtertenn) als Leimbinderkonstrukion, die Dachabschleppung (Stall) mit Vollholz ausgeführt. Wird das Futter in einem separaten Gebäude gelagert, ist der Baulandanspruch am höchsten. Demgegenüber steht, dass die Gebäude (Stall und Lagerhalle) einfacher sind und besser den spezifischen Bedürfnissen angepasst werden können. Die

Dachkonstruktion des Stalles kann vollständig aus Vollholz bestehen. Die Lagerhalle erfordert dagegen beim Einbau eines Krans eine Leimbinderkonstruktion.

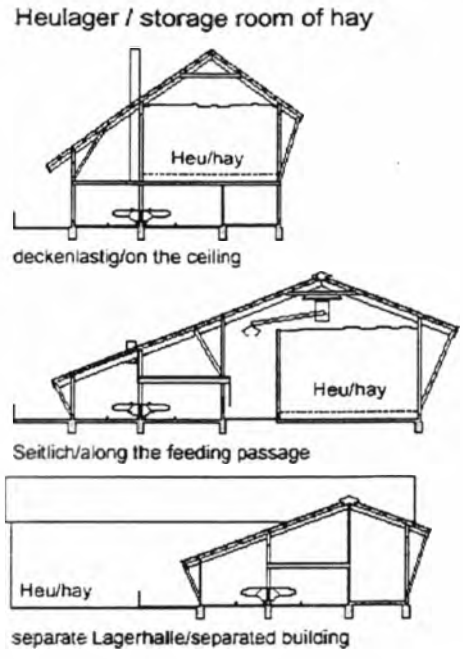


Abb. 6: Die drei Gebäudekonzepte unterscheiden sich durch die Anordnung des Heulagers
The three different plans for the dairy cattle house differ by the position of the hay storage room

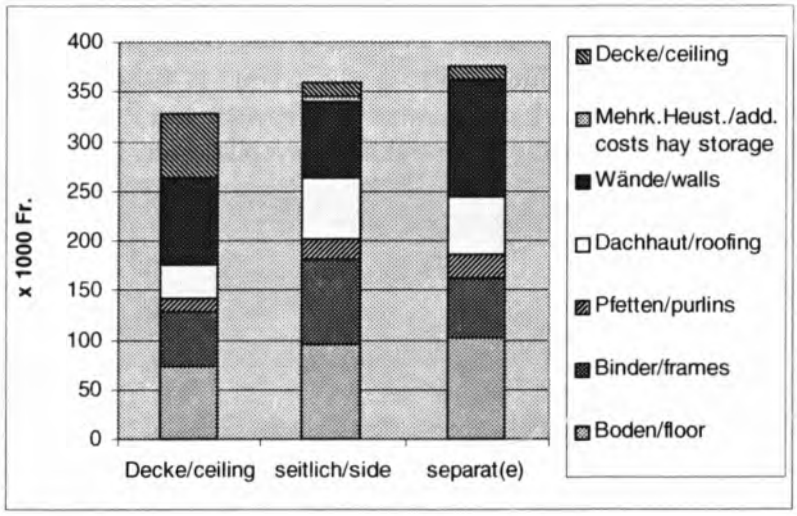


Abb. 7: Gesamtinvestitionen (Dach, Wand, Decke, Boden; inkl. Fundamente) für drei Varianten eines Milchviehstalles. Futterlagerung: deckenlastig, seitlich des Futtertenns oder in einem separaten Gebäude (Abb. 6; Binderfeldabstand 2,5 m, 1500 m ü.d.M.)
Investment costs (roof, walls, ceiling, floor incl. foundation) for 3 variants of a dairy cattle house. Hay storage room: on the ceiling, along the feeding passage (side) or in a separate building (distance between roof frames 2,5 m, 1500 m above sea level)

Ein Kostenvergleich für einen Stall von 39 GVP zeigt einen deutlichen Kostenvorteil für die deckenlastige Lagerung (Fr. 329'000 für die deckenlastige Lösung gegenüber Fr. 358'000 für eine Variante mit Heustock entlang des Tenns; Abb. 7). Die Variante mit Heulagerung in

einem separaten Gebäude ist etwa Fr. 47'000 teurer als die deckenlastige Lösung. Diese Mehrkosten sind vor allem auf die höheren Investitionen für Bodenplatte und Fundamente sowie für die Wandkonstruktion zurück zu führen. Bei der deckenlastigen Variante fallen vor allem die Kosten für die Decke (8 cm Massivholz) ins Gewicht. Der Stallbereich ist bei allen Varianten von einer Bohlenwand (8 cm) und einem isolierten Dach (Sandwich Trapezprofilplatten) umgeben. Im Heulagerbereich besteht die Wand aus einer einfachen Holzschalung (24 mm), das Dach aus Trapezblech.

5 Literatur

ANCEAU, J.-M. (2000): Etude statique théorique des étables pour bovins en région montagneuse. Diplomarbeit, B-Gembloux

Optimising the roof structure of cattle houses in mountain regions

VAN CAENEGEM, LUDO

Swiss Federal Research Station for Agricultural Economics and Engineering (FAT), CH-8356 Tänikon

Animal houses in mountain regions are exposed to extreme climatic conditions. Heavy snow and wind loads require stronger roof structures and as a consequence the building costs increase. Animal houses in Switzerland are mainly made of timber. Timber is available in abundance, suitable for self-construction and very cheap, as long as no laminated timber is necessary. Laminated timber is approx. three times as expensive as non-laminated timber. Non-laminated timber, however, can only be used if the required dimensions of the roof structure are small.

The dimensions of the roof structure can be reduced by optimising different parameters. The slope of the roof and the distance between the roof frames influence the dimensions of rafters and purlins. The smaller the slope the smaller the quantity of timber needed. The optimal distance between roof frames, which requires the smallest quantity of timber, depends on the height above sea level. The higher above sea level, the smaller should the distance be between the roof frames. The shape of the building is another factor influencing the quantity of timber required. Depending on the position of the hay storage room, the animal houses can have different shapes. The investment costs of animal houses with a hay loft are lower than those with hay storage along the feeding passage or in a separate building.

Neubau von Legehennenställen

GARTUNG, JÜRGEN

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

1 Problemstellung

Der weitaus größte Teil aller Eier stammt aus der weltweit am gebräuchlichsten Haltungsform, der Käfighaltung. Auch in Deutschland wird seit über dreißig Jahren die überwiegende Anzahl der Legehennen - vor allem aus produktionstechnischen Gründen - in Käfigen gehalten. Seit geraumer Zeit steht die Käfighaltung von Legehennen aber besonders aus der Sicht des Tierschutzes in der Diskussion. Um die Wirtschaftlichkeit alternativer Haltungsformen einordnen zu können, werden nicht nur Kennwerte zum Arbeitszeitbedarf und Leistungskennzahlen der Tierproduktion, sondern auch Daten zu den festen Kosten und hier insbesondere zu den Gebäudekosten benötigt.

2 Aufgabenstellung

Untersuchungen der alternativen Haltungsformen, Boden- und Volierenhaltung für Legehennen im Hinblick auf ihren Investitionsbedarf für Neubauten unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bestandsgrößen und Haltungsverfahren.

3 Methode

Das Baukosten-Verbundsystem des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung wurde angewendet. Nach Kostenblöcken und Gebäudeelementen getrennt wurden Kostenkennwerte aus gebauten Stallanlagen abgeleitet und systematisch aufbereitet. Die Kostendaten beziehen sich auf die jeweilige Nutzeinheit. Für die Legehennenhaltung ist es der Legehennenplatz. Kostenblöcke sind funktionsbezogene Gebäudeteile oder Bauteilgruppen. Bei Hühnerställen ergeben sich z.B. die Kostenblöcke STALL, FUTTER, MIST und EI. Kostenblockdaten sind Orientierungswerte zur überschlägigen Ermittlung des Investitionsbedarfs und der baubedingten Jahreskosten sowie zu Kostenvergleichen alternativer Lösungen. Die Anwendung erfolgt in der Vorplanungsphase, vorwiegend von Wirtschaftsberatern, Bauberatern und Landwirten.

4 Durchführung der Arbeiten

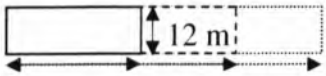
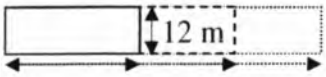
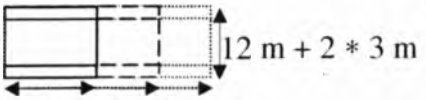
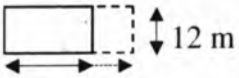
Es wurden insgesamt 15 Varianten zu Boden-, Volieren- und Käfighaltung untersucht. Sie ergaben sich aus 5 Stalltypen mit jeweils 3 verschiedenen Bestandsgrößen. Für Bodenhaltung wurden Stallanlagen für 3000, 5000 und 7000 Tiere bearbeitet. Die Anzahl der Tiere in Ställen mit Volieren- und Käfighaltung ist 5000, 7000 und 20000. Die Arbeit wurde im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogrammes „Kalkulationsdaten“ durchgeführt. Es wurden jeweils drei

Bestandsgrößen für jede Variante ausgewählt, um den beachtlichen Einfluss der Gebäudegeometrie angemessen zu berücksichtigen.

4.1 Auswahl der untersuchten Stalltypen

Die Auswahl der zu untersuchenden Stalltypen erfolgte mit einer KTBL-Arbeitsgruppe in Abstimmung mit der Lehr- und Versuchsstation für Kleintierzucht in Kitzingen. Verschiedene BML-Modellvorhaben „Landwirtschaftliches Bauen" zum Thema „Artgerechte und umweltverträgliche Geflügelhaltung" wurden einbezogen.

Tab. 1: Auswahl von Legehennenställen
Analyzed alternative laying hen houses

Abmessungen und Bezeichnungen		Anzahl LH	Stalltyp	Ei-Entnahme	Entmistung
 35 m/60,5 m/83 m	**01001** **01002** **01003**	3000 5000 7000	Bodenhaltung 7 LH/m²	Legenester mit automatischer Austreibvorrichtung, Ei-Förderband	Schlepper
 35 m/60,5 m/83 m	**01004** **01005** **01006**	3000 5000 7000	Bodenhaltung 7 LH/m²	Legenester mit automatischer Austreibvorrichtung, Eiförderband	Kotband
 24 m/40 m/55.5 m	**02001** **02002** **02003**	3000 5000 7000	Bodenhaltung mit Kaltscharrraum 10,5 LH/m²	Legenester mit automatischer Austreibvorrichtung, Ei-Förderband	Schlepper
 29 m/41 m  67 m	**03001** **03002** **03003**	5000 7000 20000	Voliere/Etagensystem 15 LH/m² Voliere/Etagensystem 19 LH/m²	Legenester mit automatischer Austreibvorrichtung, Ei-Förderband	belüftetes Kotband
 29 m/37 m/92 m	**04001** **04002** **04003**	5000 7000 20000	Käfig 22 LH/m²	Ei-Förderband	belüftetes Kotband
Die angegebene Stalllänge ist die Stalllänge im Tierbereich					

Die 15 ausgewählten Stalltypen sind in Tabelle 1 schematisch dargestellt. Die angegebenen Längenmaße beziehen sich auf die jeweiligen Stalllängen im Tierbereich. Dazu kommt bei allen Ställen an einer Giebelseite ein Vorraum, in dem die Eier gesammelt, sortiert und verpackt werden. Dadurch verlängert sich das Gebäude um 3,0 m. Zwischen Stall und Vorraum ist weiterhin eine 2,5 m lange Gebäudescheibe zur Unterbringung der Fütterungsanlage mit Fördereinrichtung berücksichtigt. Bei den Varianten mit Kotband ist an der gegenüberliegenden Giebelseite im Gebäude eine Fläche für die Querförderung erforderlich. (Gebäudebreite * 3,2 m)

Die Gebäudebreite wurde mit Ausnahme des Volierenstalles für 20000 Tiere und der Gebäude für Käfiganlagen mit 12,0 m festgelegt. Die Lösungen mit Wintergärten, (02001-02003) die an beiden Längsseiten angeschleppt sind, haben eine Gesamtbreite von 18,0 m.

Durch die gewählte Traufhöhe von 3,00 m sind alle Stallräume mit dem Schlepper befahrbar. Allein die Variante mit Kaltscharrraum hat eine geringere Höhe von 2,5 m am Wintergarten gemessen.

4.2 Haltungsverfahren und Bauausführungen

Bei **Bodenhaltung** ohne Wintergärten (LH 001-006) werden 7 Legehennen pro m^2 gehalten. In Gebäudemitte befindet sich eine Doppelreihe Legenester. Rechts und links davon stehen die Kotkästen mit Rostboden und Sitzstangen für die Hühner. Die Scharrflächen befinden sich jeweils zwischen Kotkasten und Außenwand. Bei Wintergärten als Scharrräume kann die Belegungsdichte im Gebäude von 7 auf 10,5 Tier/m^2 erhöht werden. In diesem Fall reicht der Rostboden im Stall bis an die Außenwände.

Bei der **Volierenhaltung** stehen den Hennen ebenfalls Flächen zum Scharren zur Verfügung. Die Ställe für 5000 und 7000 Tiere (LH 03001-03002) sind folgendermaßen eingerichtet: Legenester befinden sich in Reihen an beiden Außenwänden und in Gebäudemitte. Dazwischen ist auf jeder Seite eine 3-etagige Volierenreihe aufgestellt. Auf den freien Bodenflächen haben die Hühner Platz zum Scharren. Durch den Aufenthalt der Tiere in mehreren Ebenen lassen sich pro m^2 Stallfläche 15 Legehennen halten. Bei 16,0 m Gebäudebreite (LH 03003) werden bei sonst gleicher Anordnung 4 Reihen Volieren mit jeweils 3 Etagen aufgestellt. Dadurch wird die Stallfläche noch besser ausgenutzt. Es lassen sich 19 Tiere pro m^2 unterbringen.

Die Ställe mit **Käfighaltung** sind ausgelegt für 3 Reihen mit 4-etagigen Käfigblöcken. Eine wirtschaftliche Stalllänge ergibt sich bei einer Belegungsdichte von 22 LH/m^2 erst bei einer Stallbreite von 8,0 m.

Es wurden zwei unterschiedliche Arten der Kotentsorgung berücksichtigt. Bei der Bodenhaltung erfolgt die **Entmistung** entweder am Ende einer Legeperiode (13-14 Monate) mit einem Schlepper. Bis dahin wird der Mist unter den Sitzstangen im Stall (Kotkasten) gelagert. Oder der Abtransport wird wöchentlich mit Hilfe von Kotbändern vorgenommen. Die zweite Entmistungsart ist auch bei Volieren- und Käfighaltung üblich. Allerdings werden die Kotbänder hier entlüftet. In allen Fällen ist davon ausgegangen, dass der Mist direkt auf einen Wagen geladen und abtransportiert wird. Ein Mistlager ist deshalb nicht unterstellt. Wohl aber eine Betonplatte als Ladefläche. Sie ist bei den Ställen für Schlepperentmistung in Verlängerung des Stalles angelegt. Bei Kotbandentmistung und Querförderung befindet sie sich seitlich am Gebäude.

Alle Varianten verfügen über vollautomatische Kettenfütterung und Nippeltränken mit Auffangschalen. Zur Futterlagerung sind Außensilos vorgesehen.

In jedem Stallgrundriss ist ein Vorraum von 36 m^2 bis 48 m^2 vorgesehen. Wenn die Verpackung am Handsammeltisch erfolgt, wie hier unterstellt, und keine automatische Eiersortiereinheit vorgesehen ist, reicht diese Fläche aus. Andernfalls ist der Vorraum entsprechend zu vergrößern.

Zur Stalleinrichtung gehören die Legenester, die hier für alle Stalltypen als Gemeinschaftsnester ausgebildet und mit einer automatischen Austreibvorrichtung versehen sind. Je nach Bestandsgröße handelt es sich um 1-etagige oder 2-etagige und um einreihige oder zweireihige Nester.

Fundamente und Unterböden bestehen bei allen Stallanlagen aus Beton. Die stützenfreie Gebäudehülle hat ein Tragwerk aus Stahlrahmen. Die Außenwände werden im Stallbereich aus 50 mm dicken Isolierpaneelen aus PUR-Hartschaumelementen mit beidseitiger Bekleidung hergestellt. Faserzement-Wellplatten auf Holz-Koppelpfetten bilden die Dachhaut. Die Unterseite des Daches ist ebenfalls mit Hartschaumplatten gedämmt. Zur Belichtung sind Fenster in den Längswänden vorhanden. Türen und Tore bestehen aus Metallrahmen mit Holzfüllung.

5 Ergebnisse zum Investitionsbedarf

Der Investitionsbedarf für alle untersuchten Varianten ist in Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt. Eine Kostendegression von den kleinen Einheiten (3000 LH) hin zu den größeren (7000 LH) und den großen Beständen (20000 LH) ist deutlich erkennbar. Den höchsten Investitionsbedarf, bezogen auf einen Tierplatz, erfordert die Bodenhaltung mit Kotband. Die Differenz zwischen dieser Lösung sowie der Bodenhaltung mit Kotkasten und Schlepperentmistung beträgt 11 bis 26 DM/LH. Grund dafür sind die Kosten für die Entmistungstechnik, die bei einer stationären Anlage dem Gebäude zugerechnet werden, wohingegen der Schlepper nicht in die Baukosten eingeht. Weiterhin verteuern sich die Bodenhaltungsverfahren mit Kotband (LH 02001-02003) durch die zusätzliche Fläche zur Unterbringung des Quertransportbandes.

Der Stall mit Kaltscharrraum stellt die günstigste Art der Bodenhaltung dar. Das Gebäude wird intensiver genutzt und ist deshalb kürzer. Die seitlich angebauten Wintergärten bestehen nur aus dem Betonboden, dem Dach und einem Drahtgitter.

Die Volierenhaltung liegt bereits bei der kleinsten untersuchten Bestandsgröße mit der günstigsten Bodenhaltungsform gleich auf und bei größeren Beständen sogar unterhalb der entsprechenden Kostenkurve. Der Unterschied zwischen Voliere und Käfighaltung beträgt etwa gleich bleibend 20 DM/LH. Da das Gebäudevolumen bei der Käfighaltung kleiner sein kann als bei den alternativen Lösungen, ist diese Haltungsform vom Investitionsbedarf aus gesehen am günstigsten.

In Abbildung 2 ist der Investitionsbedarf zusätzlich nach Kostenblöcken aufgeteilt. Der Kostenblock STALL nimmt zwischen 59 % (Käfighaltung) und 84 % (Bodenhaltung) des Gesamtinvestitionsbedarfs ein. Die Ställe mit Volierenhaltung erfordern für diesen Kostenblock je nach Bestandsgröße zwischen 64 und 69 %. Der prozentuale Anteil des Kostenblockes MIST ist bei Volieren- und Käfighaltung größer als bei den Verfahren der Bodenhaltung. Der Anteil für den Kostenblock FUTTER macht 4,5 bis 10,5 % aus. Für den Kostenblock EI sind Anteile von 6,3 bis 14 % ermittelt. Der Investitionsbedarf für Legehennenställe beträgt nach den vorgenannten Ermittlungen zwischen 50 und 162 DM/LH. Wenn man die Bereitschaft der Käufer voraussetzt, für Eier aus der Boden- oder Volierenhaltung mehr zu bezahlen, als für Eier aus der Käfighaltung, können die untersuchten Modelle wirtschftliche Alternativen darstellen.

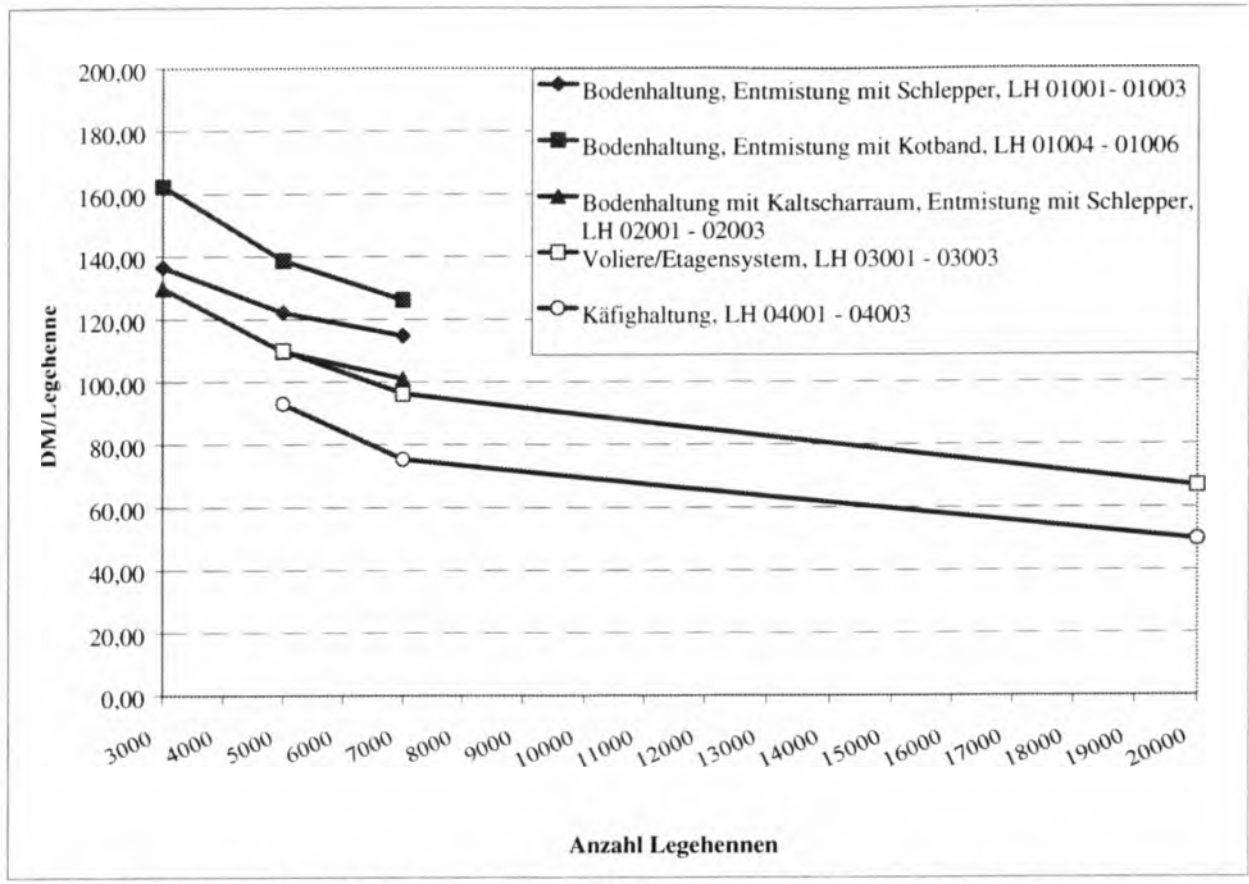


Abb. 1: Investitionsbedarf für Legehennenställe / Investment demand for hen sheds

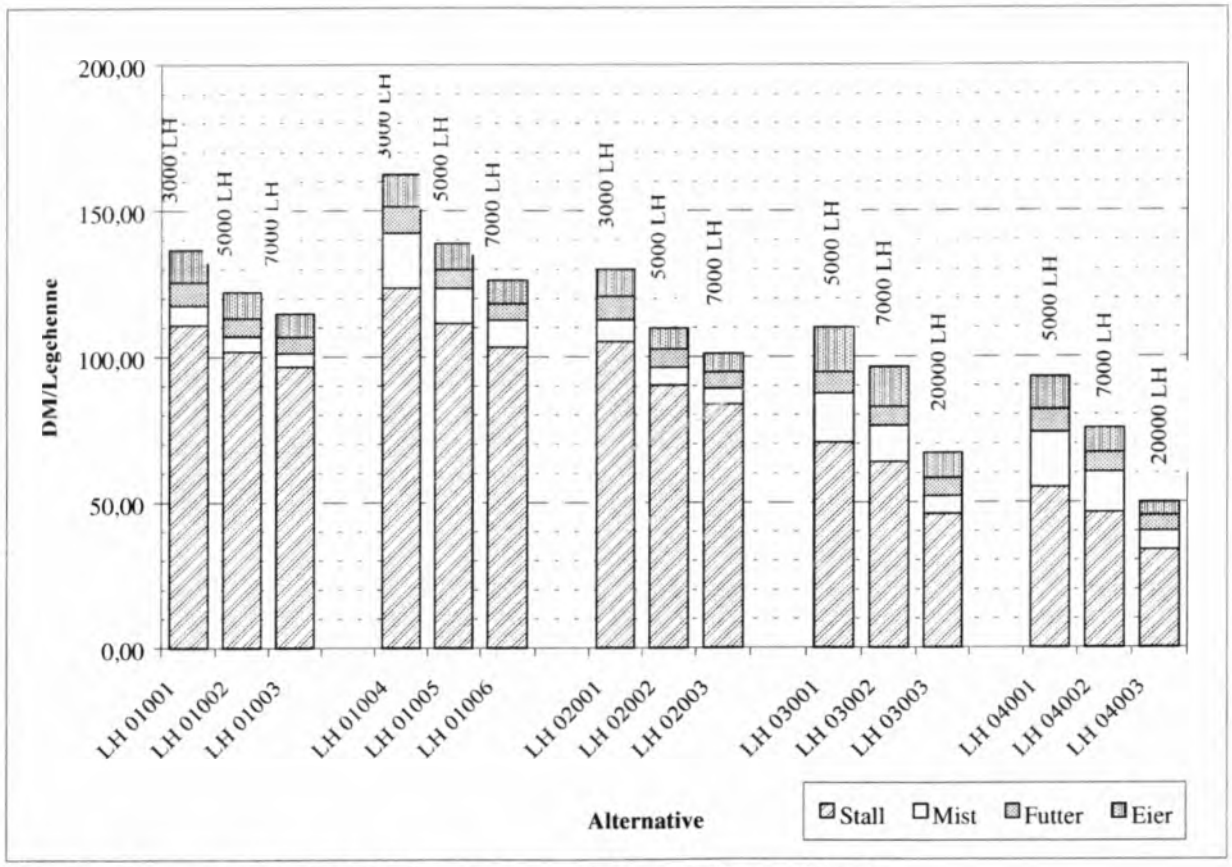


Abb. 2: Investitionsbedarf für Legehennenställe nach Kostenblöcken
Investment demand for hen sheds after blocks of costs

6 Zusammenfassung

Es wurden 15 Varianten von Legehennenställen im Hinblick auf ihren Investitionsbedarf untersucht. Die Baukostendaten sind aus abgerechneten Baumaßnahmen und aus verbindlichen Angeboten abgeleitet. Der Investitionsbedarf pro Legehennenplatz reicht bei den untersuchten Neubaulösungen von 50 bis 162 DM. Die Käfighaltung ist nach der Untersuchung kostengünstiger als die Volierenhaltung und die Bodenhaltung. Eine Kostendegression von den kleinen zu den großen Beständen hin ist deutlich vorhanden. Die teuerste Variante ist die Bodenhaltung mit Kotband. Einsparungen bei der Bodenhaltung lassen sich durch Schlepperentmistung und Kaltscharraum, als Wintergarten seitlich an das Gebäude angebaut, erzielen.

7 Literatur

BESSEI, W. UND K. DAMME (1998): Neue Verfahren für die Legehennenhaltung. KTBL-Schrift 378

GARTUNG, J. (1997): Investitionsbedarf für landwirtschaftliche Bauten. 3. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kiel, S. 200-207

GARTUNG, J. UND K. KNIES (1999): Investitionsbedarf für Legehennenställe. Landtechnik 54 H. 5, S. 300-301

GARTUNG, J. UND K. KNIES (1999): Investitionsbedarf für Legehennenställe. Agrartechnische Forschung, Band 5, H. 2, S. 135-144

Laying hen houses

GARTUNG, JÜRGEN

Institute for Production Engineering and Building Research, Federal Agricultural Research Center, FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

The required investment expenses for new hen-house buildings are being studied by the Institute for Production Engeneering and Building Research of the German Federal Agricultural Research Centre within the framework of the KTBL programme „Calculation Material 1998". In addition to the calculation of building costs for battery housing facilities, calculations for buildings and facilities for floor management and aviary keeping are also being conducted. In the fifteen solutions studied, the investment requirements per laying hen slot range from 50 to 162 DEM. The study shows that battery keeping is less expensive than aviary keeping or floor management.

Einsatz von Farbmessungen zur Bewertung von Vorgemelken

ORDOLFF, DIETER[1,2]

[1] Institut für Verfahrenstechnik, Bundesanstalt für Milchforschung, Hermann-Weigmann-Str. 1, D-24103 Kiel
[2] Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

1 Einleitung

In Verbindung mit dem Einsatz von automatischen Melkverfahren (AMV) ist es erforderlich, die von der Milchverordnung vorgesehene visuelle Bewertung der Vorgemelke zur Aussonderung sinnfällig veränderter, nicht verkehrsfähiger Milch durch technische Maßnahmen mindestens gleicher Effizienz zu ersetzen.

Zu diesem Zwecke wird in der Regel die Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch vorgeschlagen. In zahlreichen Untersuchungen wurde ihre diesbezügliche Eignung nachgewiesen (z.B. LINZELL UND PEAKER 1975, HILLERTON UND SEMMENS 1999, BARTH UND GRAUPNER 1999). BARTH UND GRAUPNER (1999) verweisen darauf, dass die sichersten Informationen von Zisternenmilch geliefert werden können, die vor dem Eintritt einer Milchejektion gewonnen wurde. Ansonsten empfehlen sie, die höchsten im Verlaufe eines Gemelkes gefundenen Werte zwischen Vierteln miteinander in Beziehung zu setzen und zur Beurteilung der Eutergesundheit zu verwenden. Diese Forderungen sind in automatischen Melkverfahren zur Zeit nicht ohne weiteres erfüllbar.

Neben der elektrischen Leitfähigkeit werden zur Bewertung der Eutergesundheit auch Milchtemperatur (HILLERTON UND SEMMENS 1999) und Nah-Infrarot-Spektroskopie diskutiert (TSENKOVA ET AL. 1992).

Ein optisches Messverfahren, welches im sichtbaren Bereich arbeitet, ist das CIE-LAB-Farbmesssystem (DIN 6174). Dabei wird die Helligkeit in einer dimensionslosen Zahl zwischen 0 und 100 wiedergegeben. Die paarweise gekoppelten Farben rot-grün bzw. gelb-blau werden durch ebenfalls dimensionslose Zahlen beschrieben, deren absolute Größe die Abweichung vom neutralen Bereich, der durch den Wert „0" gekennzeichnet ist, und deren Vorzeichen die den Farbstich jeweils bestimmende Farbe angibt. Dieses Verfahren wurde von BERGANN UND SCHICK (1998) erfolgreich zur Beurteilung der Eigenschaften von Konsummilch verwendet. Informationen über die Bewertung frisch ermolkener Rohmilch liegen dagegen bisher nicht vor.

Im Folgenden wird über erste Untersuchungen zur Eignung dieses Verfahrens als Ersatz für die visuelle Bewertung von Viertelvorgemelken berichtet.

2 Material und Methode

An zwei Terminen wurde an Vorgemelken der Euterviertel von Kühen der Herde des Versuchsgutes Schädtbek der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel, zunächst die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Anschließend wurden jeweils zwei Proben gezogen, von denen eine

zur Bestimmung der Zellzahl und der Milchinhaltsstoffe diente. An der zweiten Probe wurden mit Hilfe eines Spektrometers (Spectropen, Dr. Lange GmbH, Düsseldorf) Helligkeit und die Farbparameter rot-grün, gelb-blau und entsprechend dem CIE-LAB-Farbmesssystem bestimmt.

Zur Bewertung der Ergebnisse wurden die Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Zellzahlklassen, elektrischer Leitfähigkeit, den Farbparametern rot-grün und gelb-blau und den in zeitlichem Zusammenhang erhobenen bakteriologischen Befunden mit den genannten Parametern berechnet.

3 Ergebnisse

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der Messungen an 232 Eutervierteln von 58 Kühen in zwei Stallanlagen des Versuchsgutes Schädtbek der Bundesanstalt für Milchforschung. Vor allem der Eiweißgehalt der Milch beeinflusste die untersuchten Parameter. Keine Wechselwirkungen konnten zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und dem Fettgehalt sowie zwischen dem optischen Parameter „Helligkeit" und der Zellzahl bzw. der elektrischen Leitfähigkeit festgestellt werden.

Tab. 1: Ergebnisse der Messungen
Results of measurements

	Milch-menge (kg)	Fett (%)	Eiweiß (%)	Zellzahl (*1000)	Leitfähig-keit (mS/cm)	Hellig-keit	rot-grün	gelb-blau
Anzahl der Messungen	58	58	58	232	232	232	232	232
Mittelwert	20,45	4,76	3,41	359	6,0	68,3	-3,0	-0,4
Standard-abweichung	6,39	0,81	0,39	816	0,7	1,6	0,8	2,0

Erwartungsgemäß waren hohe Zellzahlen mit erhöhter elektrischer Leitfähigkeit verknüpft (Tab. 2). Höhere Zellzahlen hatten außerdem die Verschiebung des Farbparameters rot-grün in Richtung rot sowie des Farbparameters gelb-blau in Richtung gelb zur Folge.

Tab. 2: Einfluss der Zellzahl auf die untersuchten Parameter
Interaction of somatic cell count and parameters evaluated

EZZ (* 1000)	Leitfähigkeit (mS/cm)	rot-grün	gelb-blau
< 20	5,5	-3,4	-1,1
20 - 100	5,8	-3,1	-0,5
100 - 400	6,0	-2,9	-0,2
> 400	6,8	-2,6	0,4
Signifikanz	n.s.	n.s.	s.

Die elektrische Leitfähigkeit und die beiden Farbparameter wurden auch durch die gefundenen Mikroorganismen beeinflusst. Einflüsse von Infektionen konnten nur für den Parameter gelb-blau statistisch gesichert werden.

4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Zur Umsetzung der Untersuchungsergebnisse für die Beurteilung von Vorgemelken wurde zunächst auf den Farbparameter „gelb-blau" zurückgegriffen, der die deutlichsten Unterschiede bei Veränderung der zu prüfenden Parameter aufwies. Für Milch aus gesunden Eutervierteln wurde eine neutrale Färbung unterstellt, während Milch mit erhöhter Zellzahl und/oder bakteriologisch positivem Befund entweder gelb- oder blaustichig war (Parameter „gelb-blau" positiv bzw. negativ). Zwei Stadien der Eutergesundheit wurden bewertet:

- Vorgemelke mit Zellzahlen über 200 000/ml und/oder bakteriologisch positivem Befund,
- Vorgemelke mit Zellzahlen von mehr als 500 000/ml.

Bakteriologisch positive Befunde wurden in 99 der insgesamt geprüften 232 Vorgemelke festgestellt, 85 Viertel lieferten Vorgemelke mit mehr als 200 000 Zellen/ml.

Da häufig bakteriologisch positive Befunde und Zellzahlen von mehr als 200 000/ml gleichzeitig gefunden wurden, wurde für insgesamt 116 Viertel ein in Bezug auf diese Parameter positiver Befund konstatiert (Tab. 3). An 98 Vorgemelken wurde bei dem Parameter „gelb-blau" der Grenzwert von 0,21 über- und an 72 Vorgemelken der Grenzwert von -1,49 unterschritten, d.h., diese Vorgemelke wurden als gelb- bzw. blaustichig jenseits der Toleranzgrenze bewertet.

Tab. 3: Entdeckungsrate auffälliger Viertel bzw. Kühe durch den Farbparameter „gelb-blau"
Rate of detection of abnormal quarters/cows by the parameter „yellow/blue"

	Bakt. Befund positiv und/ oder EZZ > 200 000/ml	Bewertung durch Farbparameter „gelb-blau"				
		korrekt positiv	korrekt negativ	falsch negativ	falsch positiv	Zufalls-treffer
Viertel	116	93	39	23	77	
Kühe	50	41	3	4	5	5

In 93 Fällen stimmte die so gefundene Überschreitung des Neutralbereiches mit einem der bakteriologisch positiven Befunde oder Überschreitung der Zellzahlgrenze von 200 000/ml überein, bei 77 Vorgemelken mit auffälligen gelb-blau-Werten blieben die Messwerte für die Referenzparameter dagegen im normalen Bereich. Bei 39 der 62 Vorgemelke, die bei der farblichen Bewertung unauffällig blieben, waren auch im Hinblick auf die Referenzparameter keine positiven Befunde zu verzeichnen. In den restlichen Fällen blieben bakteriologisch positive Befunde und/oder Zellzahlen von mehr als 200000/ml unentdeckt.

Die durch die Referenzparameter mit positiven Befunden belegten Euterviertel verteilten sich auf 50 der insgesamt 58 in die Untersuchungen einbezogenen Kühe (Tab. 3). Davon wurden 41 Tiere durch die Farbmessungen als auffällig bewertet. Vier Kühe aus dieser Gruppe wurden dagegen nicht entdeckt. Drei der insgesamt unauffälligen Kühe wurden durch die

Farbmessungen korrekt eingestuft, während bei fünf Tieren dieser Gruppe von dem Vorgemelk wenigstens eines Euterviertels der Neutralbereich überschritten wurde. Bei weiteren fünf Kühen wurden zwar auffällige Euterviertel nicht erkannt, diese Ergebnisse waren jedoch mit Überschreitungen des Neutralbereiches bei an sich unauffälligen Euterviertеln verknüpft, so dass diese Kühe schließlich doch auf der Liste der auffälligen Tiere zu finden waren („Zufallstreffer").

Zellgehalte von mehr als 500 000/ml wurden an 47 Vorgemelken gemessen. Ein positiver Befund wurde unterstellt, wenn der Messwert für den Parameter gelb-blau unterhalb des Wertes von -3,2 bzw. oberhalb von 0,61 lag oder eine elektrische Leitfähigkeit von mehr als 6,3 mS/cm gefunden wurde. Die alleinige Auswertung der Leitfähigkeitsmessungen führte zur korrekten Erkennung von 31 auffälligen Euterviertеln, 160 Euterviertel wurden richtig als unauffällig bewertet. Von den auffälligen Vierteln wurden 16 nicht erkannt, dagegen wurden 25 Vierteln fälschlicherweise der Gruppe der hohen Zellzahlen zugeordnet. Die tierbezogene Umsetzung dieser Ergebnisse ermöglichte die korrekte Einordnung von 16 Kühen mit mindestens einem auffälligen und 29 Kühen ohne auffälliges Vorgemelk. Sechs der Kühe mit auffälligem Vorgemelk wurden übersehen, bei sieben Kühen wurde fälschlich ein auffälliges Vorgemelk angezeigt.

Die alleinige Nutzung des Farbparameters „gelb-blau" erlaubte die korrekte Bewertung von 35 auffälligen bzw. 114 nicht auffälligen Euterviertеln. Nicht erkannt wurden 12 auffällige Viertel, 71 Viertel wurden fälschlich als auffällig bewertet. Insgesamt wurden die Vorgemelke von 17 Kühen korrekt als auffällig bzw. von 22 Kühen als nicht auffällig bewertet. Vier Kühe mit auffälligen Vorgemelken wurden nicht erkannt, bei 15 Kühen zeigten die Messungen fälschlich auffällige Vorgemelke an.

Nach logischer Verknüpfung („oder") der für die beiden Indikatoren festgelegten Grenzwerte wurden 45 der 47 Viertel mit einer Zellzahl von über 500 000/ml korrekt ermittelt (Tab. 4), 109 Viertel wurden richtig als unauffällig bestimmt. Insgesamt 78 Viertel wurden falsch bewertet, davon waren 76 nicht auffällige Viertel betroffen. Zwei Viertel mit auffälligem Vorgemelk wurden nicht erkannt. Alle 24 Kühe, bei denen mindestens ein Viertel im Vorgemelk mehr als 500 000 Zellen/ml aufwies, wurden richtig eingestuft (Tab. 4, „korrekt positiv", „falsch negativ"). Weitere 22 Kühe wurde richtigerweise als unauffällig bewertet („korrekt negativ"). Hingegen wurden bei 12 Kühen fälschlich auffällige Vorgemelke angezeigt („falsch positiv").

Tab. 4: Entdeckung von Vorgemelken mit einer Zellzahl >500 000/ml nach Verknüpfung von elektrischer Leitfähigkeit und gelb-blau
Rate of detection of foremilk with a somatic cell count of >500 000/ml by logical combination of conductivity and yellow-blue

	EZZ	Bewertung			
	>500 000/ml	korrekt positiv	falsch positiv	falsch negativ	korrekt negativ
Viertel	47	45	76	2	109
Kühe	24	24	12	0	22

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die beschriebenen Untersuchungen zeigten, dass Farbmessungen der Milch aus Vorgemelken Hinweise auf Veränderungen der Eutergesundheit geben können. Ähnlich wie die Messung der elektrischen Leitfähigkeit bieten jedoch auch diese Parameter alleine keine ausreichende Sicherheit.

Durch die logische Verknüpfung der Messwerte aus den Farbmessungen und der elektrischen Leitfähigkeit war es möglich, alle in die Untersuchung einbezogenen Tiere zu erkennen, welche wenigstens in einem Euterviertel Milch mit erhöhter Zellzahl produzierten. In der Liste der auffälligen Tiere fanden sich jedoch auch Kühe, deren Milch Zellgehalte unterhalb des angesetzten Grenzwertes aufwies.

Anhand weiterer Untersuchungen muss nach Möglichkeiten gesucht werden, diese im praktischen Einsatz unerwünschten Fälle zu vermeiden. Weiterhin ist zu klären, welchen Einflüssen die Grenzwerte für auffällige Milchbeschaffenheit unterliegen. Außerdem ist nach technischen Lösungen für die Einbindung der Sensortechnik zu suchen, die in automatischen Melksystemen eine ausreichende Zuverlässigkeit der Messungen gewährleisten.

Die beschriebenen Messungen gaben auch Hinweise auf erregerspezifische Änderungen der Milchfärbung. Zur Klärung derartiger Zusammenhänge erscheint die Fortführung der Untersuchungen ebenfalls zweckmäßig.

6 Zusammenfassung

Als Ersatz für die vorgeschriebene visuelle Bewertung der Vorgemelke zur Aussonderung sinnfällig veränderter, nicht verkehrsfähiger Milch wurde die Eignung eines optischen Messverfahrens als Ergänzung zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch untersucht. Dabei wurden die Zusammenhänge zwischen Zellzahl, elektrischer Leitfähigkeit, den Farbparametern rot-grün und gelb-blau und, soweit verfügbar, bakteriologischen Befunden berücksichtigt.

In Vorversuchen wurden mit zunehmender Zellzahl erwartungsgemäß höhere Werte für die elektrische Leitfähigkeit, eine Verschiebung des Farbparameters rot-grün in Richtung rot sowie des Farbparameters gelb-blau in Richtung gelb gefunden. Diese Parameter wurden auch durch die gefundenen Mikroorganismen beeinflusst. Die Verknüpfung der Messwerte aus den Farbmessungen und der elektrischen Leitfähigkeit ermöglichte die Erkennung aller Tiere, welche wenigstens in einem Euterviertel Milch mit erhöhter Zellzahl produzierten.

Für eine uneingeschränkte Anwendbarkeit der beschriebenen Technik sind weitere messtechnische und herdenspezifische Einflüsse auf die verschiedenen Parameter zu klären.

7 Literatur

BARTH, K. UND GRAUPNER, M.: Experimentelle Untersuchungen zur Eutergesundheit und Milchqualitätskontrolle auf der Basis der Leitfähigkeitsmessung während des Melkens. Milchwissenschaft 54 (1999), H. 2, S. 66-69

BERGANN, T. UND M. SCHICK: Farbe von Konsummilch. dmz (1998), H. 9, S. 464-468

DIN 6174: Farbmetrische Bestimmung von Farbabständen bei Körperfarben nach der CIE-LAB-Formel

HILLERTON, J.E. AND J.E. SEMMENS: Comparison of Treatment of Mastitis by Oxytocin or Antibiotics Following Detection According to Changes in Milk Electrical Conductivity Prior to Visible Signs. J. of Dairy Science 82 (1999), S. 93-98

LINZELL, J.L. UND M. PEAKER: Efficacy of the measurement of the electrical conductivity for the detection of subclinical mastitis in cows: Detection of cows on a single visit. Br. Vet. J. 131 (1975), H. 4, S. 447-461

TSENKOVA, R.N., K.I. YORDANOV AND Y. SHINDE: Near-Infrared Spectroscopy for evaluating Milk Quality. In: IPEMA, A.H. ET AL. (Eds.): Proc. of the Int. Symposium on Prospects for Automatic Milking. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, 1992, S. 185-192

Evaluation of foremilk by spectroscopy

ORDOLFF, DIETER[1,2]

[1] Institute for Process Engineering, Federal Dairy Research Centre, Hermann-Weigmann-Str. 1, D-24103 Kiel
[2] Institute for Production Engineering and Farm Building Research, Federal Research Centre for Agriculture (FAL), Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

The suitability of an optical measuring systems for evaluation of foremilk to enable separation of visually abnormal milk was investigated. Evaluations included interactions of different levels of somatic cell count, electrical conductivity of milk and colorimetric parameters red-green and yellow-blue. When available, results of bacteriological evaluations also were taken into consideration.

In initial experiments increasing cell counts resulted in higher levels of electrical conductivity. Higher cell counts furthermore resulted in a shift of the parameter red-green towards red and of the parameter yellow-blue towards yellow. Bacteriology also affected electrical conductivity and colorimetric parameters.

Combining colorimetric results and electrical conductivity enabled identification of all animals with high somatic cell count in milk of at least one quarter.

Influences of sampling and measuring procedures and of the respective herd have to be evaluated before general application of the technology described will be possible.

Untersuchungen zur Nutzung der Infrarot-Thermographie zur Eutergesundheitskontrolle bei Milchkühen

BARTH, KERSTIN

Institut für Physiologie, FML Weihenstephan, TU München, Weihenstephaner Berg 3, 85354 Freising

1 Einleitung

Die Einführung automatischer Melkverfahren (AMV) in die landwirtschaftliche Praxis setzt den Einsatz von Systemen zur Überwachung der Tiergesundheit voraus. Im Gegensatz zum konventionellen Melken bieten AMV keine Möglichkeit zur visuellen Prüfung des Vorgemelks, des Euters und des Allgemeinzustandes der Kühe vor jedem Melken. Damit werden die aus der Milchverordnung vom 20. Juli 2000 resultierenden Anforderungen nicht erfüllt. Die in AMV standardmäßig verwendete Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch ist nur bedingt geeignet, klinisch euterkranke Tiere zu erkennen. Verfahren, wie die Nah-Infrarot-Spektroskopie und die Messung der Lichtreflektion bieten neue Lösungsansätze. Ihnen allen gemein ist die Messung im Milchweg, das heißt während des Melkvorganges. Dies wirft zwangsläufig die Frage nach der Beeinflussung des Melkens und der Reinigung der Melkanlage auf. Andere Verfahren, die eine Beurteilung des Gesundheitszustandes bereits vor dem Ansetzen der Melkbecher erlauben, wären diesbezüglich von Vorteil. Neben den veränderten physikalischen und chemischen Eigenschaften der Milch klinisch kranker Kühe, auf denen die o. g. Messverfahren beruhen, stellt die Erwärmung der Euterhaut ein weiteres Symptom für Eutergesundheitsstörungen dar. Ziel der vorgestellten Untersuchung war es, mit Hilfe eines hochsensiblen Infrarot-Thermographie-Systems die Einsatzfähigkeit der Oberflächentemperaturmessung zur automatischen Eutergesundheitskontrolle zu prüfen.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden im Mai 1999 in Verbindung mit einem Versuch zum Einfluss variabler Zwischenmelkzeiten auf die Milchzusammensetzung über einen Zeitraum von acht Tagen durchgeführt. Von sechs Kühen (fünf Holstein-Friesian, eine Fleckvieh) wurden täglich zu einer Melkzeit Infrarot-Thermographien (IRT) des Euters aufgezeichnet. Die vorangegangene Zwischenmelkzeit betrug 12 Stunden. Die Tiere standen in einer Anbindehaltung (Gitterrost) und wurden mit einer Rohrmelkanlage gemolken.

Die Aufnahme der IRT erfolgte mit einer Infrarot-Thermokamera (Avio TVS-2000MkIIST, GORATEC Technology GmbH & Co. KG, München). Die Kamera arbeitet im Spektralbereich von 3 – 5,4 µm, mit einer Bildfrequenz von 30 s^{-1} und einem Messfehler von ± 0,4 % über den gesamten Messbereich (weitere Angaben finden sich bei BARTH 2000). Aufgrund des Versuchsumfeldes war es nicht möglich, die Kamera mit Stativ einzusetzen und die Kühe täglich in genau derselben Position zu fixieren. Deshalb wurde täglich die bestmögliche Aufnahmeposition mit der von Hand geführten Kamera gesucht und die Blickrichtung auf das Euter (medial, lateral und caudal) notiert. Die Aufzeichnung der IRT erfolgte vor der ersten Berührung des Euters, da die durch das Vormelken und Reinigen indizierte Ejektion zu einer Abkühlung der Zitzen führt (HAMANN UND DÜCK 1984; EICHEL 1986). Eine Messung nach dem Mel-

ken kam für die gewählte Fragestellung nicht in Betracht, da die Temperatur der Zitzenoberfläche nach dem Melken erheblich durch die tierindividuelle Melkdauer bestimmt wird (ORDOLFF 2000).

Im Anschluss an die IRT-Aufnahme wurde vorgemolken, das Euter gereinigt, manuell stimuliert und mit einer Viertelgemelksmaschine gemolken. Nach dem maschinellen Ausmelken und der Melkzeugabnahme wurde der Ausmelkgrad manuell kontrolliert und die Zitzen gedippt. Daran schloß sich die Entnahme von Proben zur Zellzahlbestimmung aus den Kammern der Viertelgemelksmaschine an. Die Bestimmung der Zellzahl erfolgte im Standardverfahren (Fossomatic) beim Milchprüfring Bayern e. V. Die IRT wurden mit Hilfe des Programmes PicED Avio 4.1 ausgewertet. Die statistischen Berechnungen erfolgten mit SPSS 9.0 für Windows.

3 Ergebnisse und Diskussion

Für die Auswertung standen insgesamt 98 IRT (2 Euterviertel pro IRT) zur Verfügung. Durch die differierenden Aufnahmepositionen war es nicht möglich, den direkten Bildvergleich für die Interpretation der IRT zu nutzen. Es wurde deshalb notwendig, einen Bereich an den Zitzen zu bestimmen, der auf allen Bildern zur Vermessung geeignet war. Dafür wurde die Temperatur entlang der Zitzen an elf Punkten gemessen (Abb. 1).

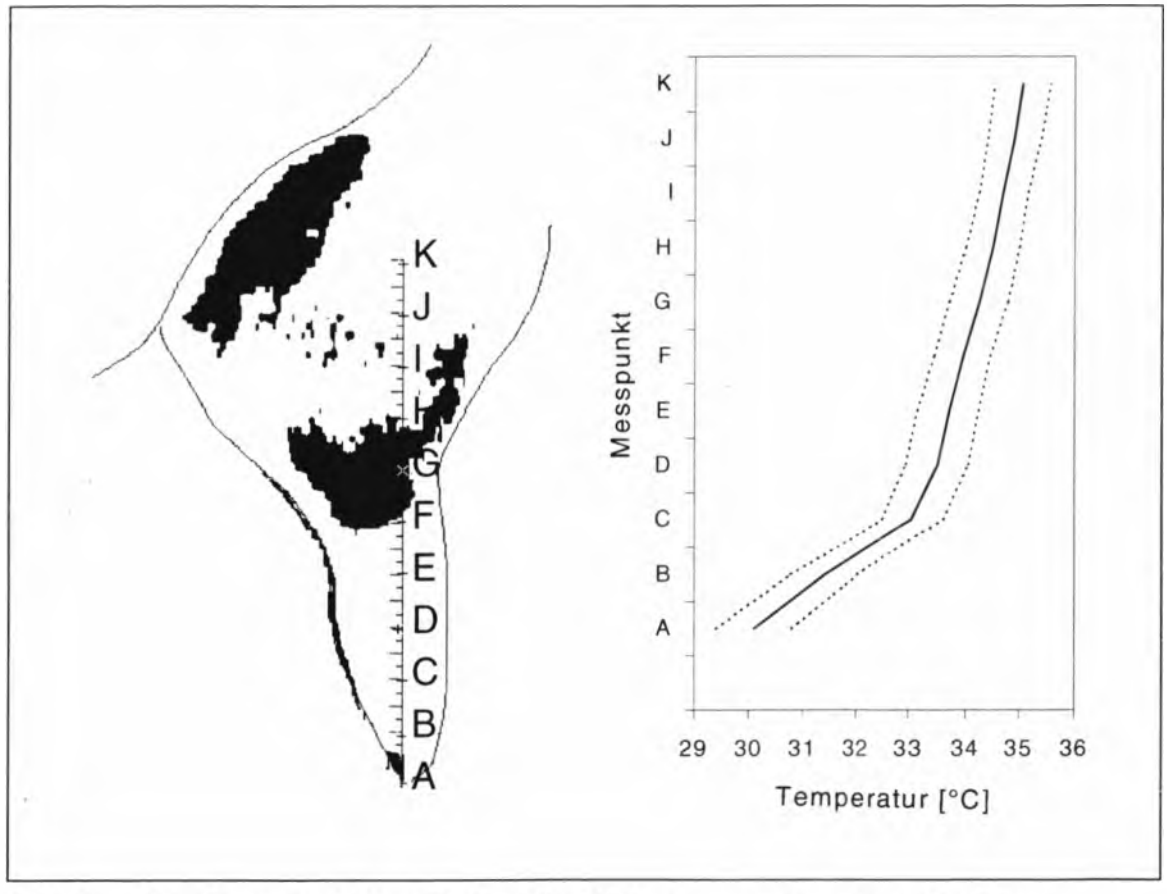


Abb. 1: Mittelwerte und Quartile der Oberflächentemperatur entlang der Zitze
Mean and quartiles of surface temperature measured along the teats

Der Bereich in der Nähe der Punkte G und H zeigte sich als am wenigsten von der Umgebungstemperatur beeinflusst und erschien deshalb sehr geeignet für die nachfolgende Flächenanalyse. Dafür wurde eine Kreisfläche (= Messareal) jeweils so positioniert, dass der Bereich im Übergang von der Zitze zum Euterboden überstrichen wurde. Das Minimum, das Maximum und der Mittelwert der gemessenen Temperaturen in diesem Bereich wurden ermittelt.

Die Klassifizierung der Euterviertel erfolgte entsprechend der Zellzahlbefunde der Viertelgemelke. Da es sich nur um eine kleine Anzahl Tiere handelte, wurden die Klassengrenzen sehr weit gewählt. Mittels Varianzanalyse wurden der Einfluss der Blickrichtung beim Messen und des Gesundheitszustandes auf die gemessenen Temperaturen bestimmt. Während die Blickrichtung einen signifikanten Anteil an der Gesamtvarianz ($p < 0,05$) verursachte, ergab sich kein Zusammenhang mit dem Gesundheitszustand. Trotzdem konnte im anschließenden multiplen Vergleichstest eine signifikante Differenz zwischen den Eutervierteln mit Zellzahlen unter und über 100.000 ml^{-1} festgestellt werden (Tab. 1). Eindeutige Aussagen bezüglich des Zusammenhangs zwischen subklinischen Eutererkrankungen und der Oberflächentemperatur im Zisternenbereich sind jedoch auf dieser Datenbasis nicht möglich. Die Stichhaltigkeit der Ergebnisse wäre an umfangreicherem Tiermaterial zu prüfen.

Tab. 1: Mittlere Oberflächentemperaturen in Abhängigkeit von der Messposition an der Zitze und dem Zellgehalt der Viertelgemelke
Mean surface temperatures dependent on position of measurement and somatic cell count of quarters

	Oberflächentemperatur		Aufnahmen
	$\bar{x}$ °C	s °C	n
Messposition			
Medial	34,8[a]	1,0	22
Lateral	34,3[b]	0,9	88
Caudal	33,7[c]	1,2	80
Zellzahl [1.000 ml^{-1}]			
> 0 ... ≤ 100	33,6[a]	1,1	34
> 100 ... ≤ 500	34,1[b]	1,0	98
> 500 ... ≤ 1.000	34,5[b]	0,9	31
> 1.000	34,5[b]	1,3	27
[a, b, c] signifikante Unterschiede (Tukey, $P < 0,05$)			

Neben den Analysen zu subklinischen Mastitiden ermöglichte der Versuch auch die Messung an einem klinisch erkrankten Tier. Kuh 3 entwickelte gegen Versuchsende auf dem linken Vorderviertel eine klinische Mastitis. An den beiden Tagen, die auf das erste Auftreten von Flocken im Vorgemelk folgten, wurden deshalb je 2 IRT der Vorderviertel aus unterschiedlichen Blickrichtungen aufgenommen. Dabei zeigten sich Unterschiede zwischen dem gesunden und erkrankten Viertel, wenn die Messpositionen an der Zitze verglichen wurden (Tab. 2).

Tab. 2: Temperaturdifferenzen zwischen der medialen und lateralen Messposition an der Zitze eines klinisch erkrankten und des gesunden Parallelviertels einer Kuh
Differences of temperature between two measurement positions (medial and lateral) on teats of a mastitis and a healthy quarter of a cow

	Temperaturdifferenz (laterale – mediale Messposition)	
	Klinisch krankes Euterviertel	Gesundes Parallelviertel
Tag	K	K
1	0,2	-0,3
2	1,2	-1,7

Während bei dem gesunden Euterviertel an der Zitzeninnenseite erwartungsgemäß höhere Temperaturen als auf der Außenseite gemessen wurden, wies das klinisch kranke Viertel einen Temperaturanstieg von innen nach außen auf. Auch bei der einfachen Betrachtung der IRT wurde dieser Unterschied deutlich: auf der Außenseite des erkrankten Viertels zeigten sich größere Areale vermehrter Wärmeabstrahlung. Könnte sich diese Beobachtung in weiteren Untersuchungen bestätigen, so ergäbe sich ein Ansatz für die Entwicklung IRT-Systemen, die unter den Bedingungen automatischer Melkverfahren einsatzfähig wären. Eine auf wenige Punkte ausgerichtete Temperaturmessung wäre bedeutend einfacher und kostengünstiger zu realisieren, als das hier verwendete bildgebende Verfahren.

Ein weiterer Lösungsansatz offenbarte sich in einer zusätzlichen Untersuchung, die mit anderer Fragestellung im April 2000 an anderen Tieren vorgenommen wurde. Es konnten Unterschiede zwischen klinisch erkrankten und gesunden Eutervierteln anhand der IRT beobachtet werden (Abb. 2). Deutliche Temperaturdifferenzen zwischen den Eutervierteln einer Kuh dürften als Hinweis auf eine Gesundheitsstörung gelten, wenn das Messareal an jeder Zitze annähernd ähnlich positioniert ist.

4 Fazit

Die vorgestellte Untersuchung ergab erste Hinweise, die Infrarot-Thermographie zur automatisierten Eutergesundheitskontrolle zu nutzen. Insbesondere für die Erkennung klinisch erkrankter Tiere scheint die IRT sehr gut geeignet, da sie auf der direkten Beobachtung eines Entzündungskriteriums – der Hyperämie – beruht. Können zusätzliche Studien die hier beschriebenen Beobachtungen auf breiterer Basis bestätigen, so eröffnete sich ein neuer Weg, sowohl die gesetzlichen Vorschriften als auch die Verbrauchererwartungen bei der Produktion von Milch mittels AMV zu erfüllen.

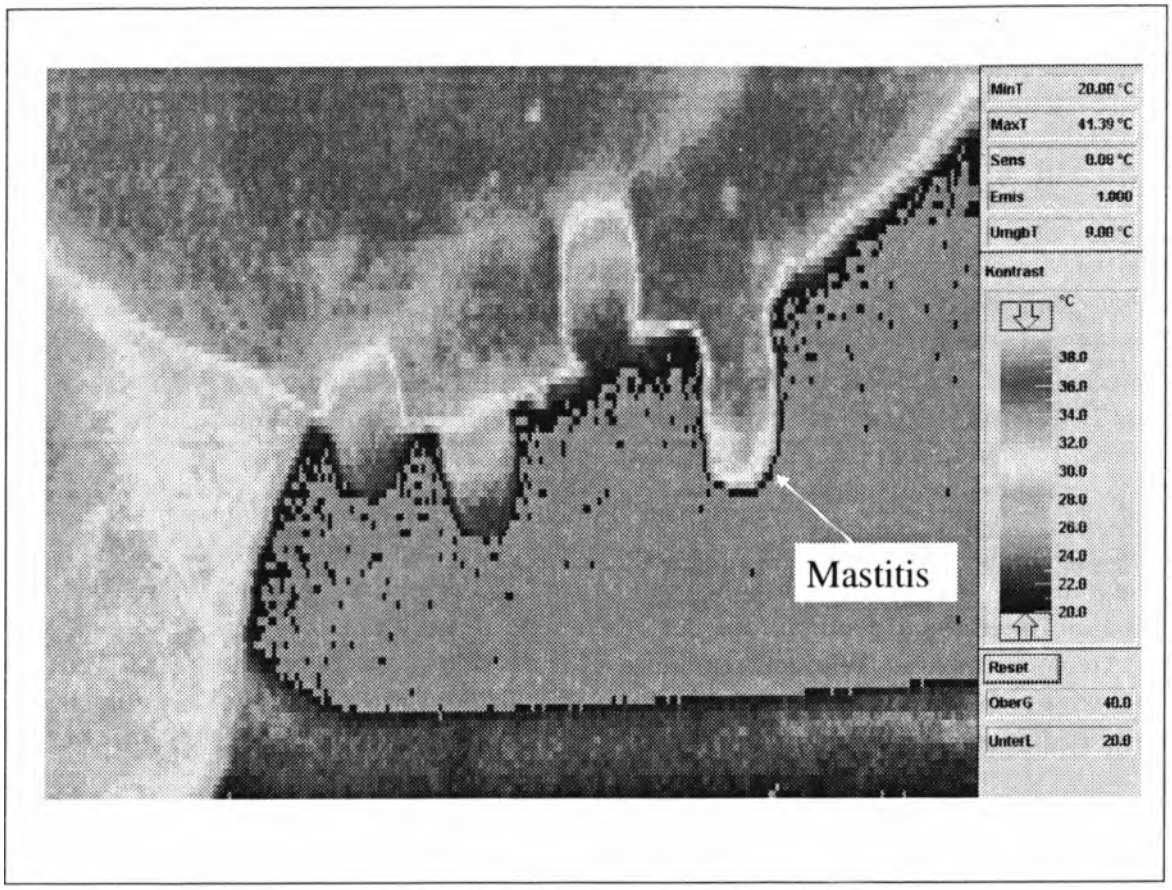


Abb. 2: Infrarot-Thermographie einer klinisch erkrankten Kuh
Infrared-thermograph of a cow with clinical mastitis

5 Literatur

BARTH, K. (2000): Basic investigations to evaluate a highly sensitive infrared-thermograph-technique to detect udder inflammation in cows. Milchwissenschaft 55 (11), S. 607 - 609

EICHEL, H. (1986): Darstellung des Temperaturverhaltens der Euter- und Zitzenhaut mittels Flüssigkristallthermographie. Wiss. Z. KMU Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 35 (3), S. 339 - 345

HAMANN, J. UND M. DÜCK (1984): Erste Untersuchungsergebnisse zur Messung der Temperatur der Zitzenoberfläche unter Verwendung der Infrarot-Thermographie. Die Milchpraxis 22 (4), S. 148 – 152

ORDOLFF, D. (2000): Oberflächentemperaturen an Euter und Zitze bei konventionellen und automatischen Melkverfahren. Kieler Milchwirtschaftl. Forschungsber. 52, S. 5 - 10

Verordnung über die Hygiene- und Qualitätsanforderungen an Milch und Erzeugnisse auf Milchbasis (Milchverordnung) vom 20. Juli 2000, Bundesgesetzblatt Jg. 2000 Teil I Nr. 36, Bonn, 31. Juli 2000

Investigations using infrared-thermographs to monitor udder health in cows

BARTH, KERSTIN

Institut für Physiologie, FML Weihenstephan, TU München, Weihenstephaner Berg 3, D-85354 Freising

Over a period of 8 days, infrared thermographs (IRT) of udders from 6 cows were taken before morning milking following a milking interval of 12 hours. Cows were milked by a quarter milking machine. Quarter milk samples were taken and analysed for somatic cell count (SCC). A total of 98 IRT were evaluated. The mean temperature of the cistern area was used to compare IRT of quarters. Analysis showed significant differences of surface temperature dependent on measurement perspective of teats (medial, lateral, caudal). Mean temperatures were 34.8, 34.3 and 33.7 °C, respectively. Analysis of variance indicated no clear relation between SCC and skin temperature, but Tukey method showed a significant difference between quarters with a SCC below and above 100,000 cells per ml. One cow developed a clinical mastitis during the experiment. This quarter showed a higher surface temperature on the lateral side of teat than on the medial. Differences of surface temperature between healthy and mastitis quarters were observed in further investigations, too.

Die Bedeutung einer auf das Euterviertel bezogenen Prozesskontrolle bei der Milchgewinnung

UMSTÄTTER, CHRISTINA UND OTTO KAUFMANN

Institut für Nutztierwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin, 10099 Berlin

1 Einleitung

Die Überwachung von Produktqualität in der Milchviehhaltung ist ein herausragender Bestandteil des Managementsystems. Rechnergestützte Verfahren können einen wesentlichen Beitrag zur Problemlösung leisten. Bei Automatischen Melksystemen muss die Technik ohne menschliche Hilfe den physiologischen Zustand erkennen und signalisieren. Dabei ist es außerordentlich wichtig, Abweichungen von der Normalität als solche rasch zu entdecken. Sensoren, die physikalische Eigenschaften der Milch und deren Veränderungen erfassen, kommen u.a. dafür zum Einsatz bzw. werden dafür entwickelt (Leitfähigkeit, Lichtabsorption oder -reflexion, Viskosität, Ultraschall). Es muss berücksichtigt werden, dass die Parameter nicht nur durch pathologisch bedingte Veränderungen in der Milch beeinflusst werden, sondern auch durch die Varianz der in ihr enthaltenen gewünschten Inhaltsstoffe. Nicht in jedem Fall liegen bei ausreichenden Datenmengen Normalverteilungen vor. Das heißt jedoch nicht, dass jede Anomalie einen Fehler oder ein Problem im Produktionsprozess anzeigt. Es könnte auch einfach ein Messfehler zu Grunde liegen. Deswegen muss man die meisten Werte mehrfach erfassen, um damit den Messfehler genauer zu bestimmen. Dabei kann es sinnvoll sein, schon die vier Euterviertel zu vergleichen, um herauszufinden, wie weit sich diese bereits unterscheiden und wie weit es sich um Messfehler handelt. Am deutlichsten lässt sich dies an den vom LactoCorder gemessenen Milchmengen erkennen, da der Messfehler dieser Geräte für so kleine Milchmengen, wie sie bei Viertelgemelken auftreten, bisher noch zu groß war. Dennoch lässt sich gerade hier zeigen, dass eine verlässliche Einschätzung der erfassten Daten möglich ist, da bei einer ausreichenden Zahl an Werten eine entsprechend hohe Korrelation von $r = 0{,}94$ zwischen den aufsummierten LactoCorder-Werten eines Euters und den vom Melkroboter gemessenen Werten besteht. Für eine Gesamtbeurteilung der Herde sind die Werte damit durchaus brauchbar. Dies zeigt sich auch in der Feststellung, dass ein Verhältnis der Milchmenge zwischen vorderer zu hinterer Euterhälfte mit 41:59 % ± 1 % berechnet werden kann. Da die Streuung der Werte allerdings sehr groß ist, kann man keine Aussage zum einzelnen Tier machen, wenn man dort nicht ausreichend häufig die Messung wiederholt, was sich nur lohnt, wenn man z.B. gezielte Verdachtsmomente auf einen Euterdefekt hat.

Neben dem deutlichen Unterschied zwischen der vorderen und hinteren Euterhälfte lässt sich sogar ein leichter, aber wenig signifikanter, Unterschied zwischen linker und rechter Euterhälfte feststellen, wenn man wie im vorliegenden Fall über tausend Messungen vornimmt. In vielen anderen Fällen lassen sich solche mehr oder weniger klaren Differenzen nicht erkennen. Die vorliegende Untersuchung geht daher der Frage der streuenden Messwerte im Sinne einer euterviertelbedingten Prozesskontrolle nach.

2 Material und Methode

Der Versuch wurde an einem Automatischen Melksystem der Marke „Lely Astronaut" durchgeführt und dauerte 72 Stunden (12 Stunden Messung, 12 Stunden Pause, 48 Stunden Messung). Dabei wurden 4 LactoCorder zwischen dem Milchflussmesser und dem Recorder platziert. Vom Roboter waren zu dieser Zeit 56 Kühe zu melken. Insgesamt konnten 1 542 Viertelgemelke vergleichend erfasst werden. Neben den Messungen des LactoCorders, mit Milchfluss und Milchmenge, sind parallel auch Milchproben gezogen worden, die auf Fett, Protein, Laktose, Harnstoff und die somatische Zellzahl (SCC) zu untersuchen waren. Die vergleichenden Leitfähigkeitsmessungen wurden dem Automatischen Melksystem entnommen.

3 Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die statistischen Ergebnisse aufgelistet. Dabei kann festgestellt werden, dass die Milchinhaltsstoffe bei der beobachteten Herde im normalen Bereich liegen (WENDT ET AL. 1998). Die Standardabweichungen sind bei Fett erwartungsgemäß am höchsten. Die somatischen Zellen sind relativ niedrig und die Zwischenmelkzeiten (Interval) liegen im Mittel bei etwas über 8 Stunden. Die viertelbezogene Milchmenge kann aus den bereits genannten Gründen, mit 2,4 kg Milch pro Gemelk, allerdings nur als grober Richtwert angesehen werden.

Tab. 1: Statistische Werte der analysierten Parameter
Statistical values of the analysed parameters

	Fat	Protein	Lactose	SCC	Urea	Interval	Milk.
	%	%	%	per 1 000		min	kg
Average	4,1	3,3	4,8	82,2	229,2	506,8	2,4
St. deviation	0,92	0,38	0,23	197,63	72,04	152,95	1,01
Minimum	1,6	2,5	3,2	1,0	82,0	80,0	0,2
Maximum	13,9	4,7	5,4	4331,0	422,0	1003,0	6,8

In Abbildung 1A sind in einem Scatterplot die Veränderungen des Fettgehaltes in Abhängigkeit von der Dauer des Hauptgemelks dargestellt. Dabei fällt auf, dass es einen leichten Abwärtstrend mit zunehmender Dauer der Melkzeit gibt. Dies zeigt sich auch in der negativen, wenn auch nicht großen, Steigung der Trendlinie von a = -0,2. Dass die Werte in diesem Fall normalverteilt sind, macht Abbildung 1B deutlich.

Aus dem Bestimmtheitsmaß R^2 kann man einen Korrelationskoeffizienten von r = 0,32 berechnen. Die lineare Beziehung zwischen Fett und Dauer des Hauptgemelks ist also nicht sehr hoch und zeigt in der Abbildung 1A eine entsprechend große Streuung bei den Werten.

Die im Scatterplot dargestellten Werte für das Fett zeigen aber trotzdem einen klar erkennbaren abnehmenden Trend mit zunehmender Dauer des Hauptgemelks. Auch ein Scatterplot mit den Parametern Fett und Zwischenmelkzeit unterstützt diese Beobachtung, einer, wenn auch sehr schwachen Tendenz, der Abnahme des Fettgehalts mit zunehmender Zwischenmelkzeit. Dies widerspricht den Untersuchungen von JURJANZ ET AL. (1993), die aufgrund ihrer statistisch wenig aussagekräftigen Werte meinen festgestellt zu haben, dass bei einer Steigerung der Milchmenge durch eine erhöhte Melkfrequenz ein Verdünnungseffekt auftritt.

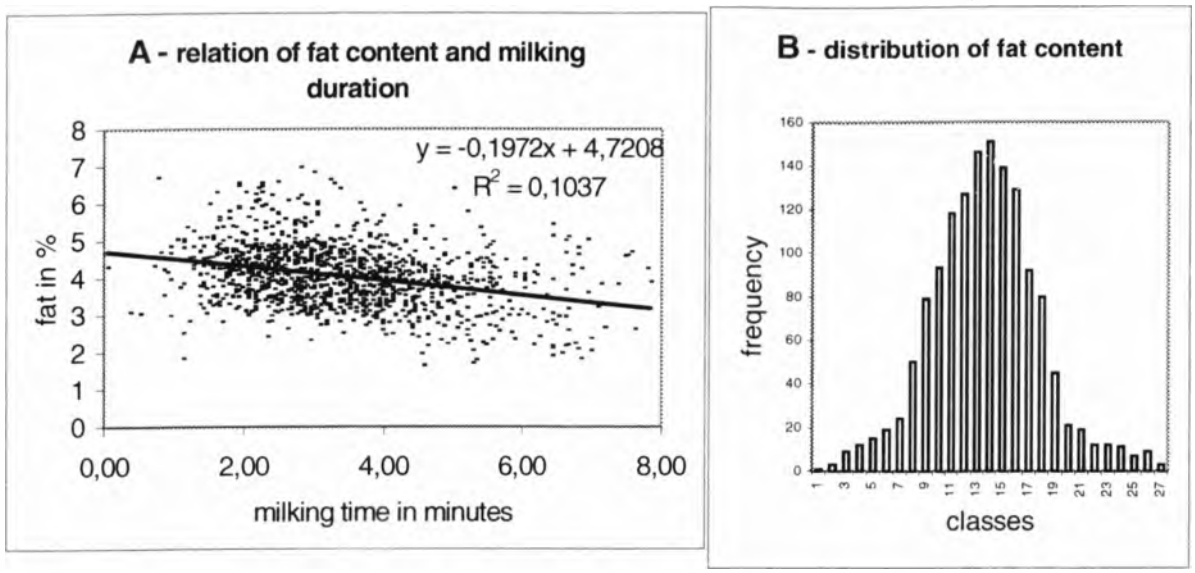


Abb. 1A: Scatterplot mit Milchfettgehalt und Dauer des Hauptgemelks
Scatterplot of milk fat and milking duration
Abb. 1B: Die Glockenkurve der Fett-Häufigkeitsverteilung
The bell curve of fat distribution

Auch bei Protein und Laktose sind ähnliche Tendenzen untersucht worden, wobei diese aber äußerst gering sind und bei der Laktose sogar eine schwache positive Steigung von 0,04 ergeben.

Im arithmetischen Mittel sind die Werte der einzelnen Viertel für die Parameter Fett, Protein und Laktose nicht signifikant unterschiedlich. Die Qualität der Milch insgesamt ist an den vier Strichen gleich. Das heißt jedoch nicht, dass es zwischen den Vierteln einer Kuh nicht zu Differenzen in den genannten Parameter kommen kann. Bei Fett können beispielsweise Diskrepanzen bis zu 8 % (absolut) auftreten. Das Protein ist nach diesen Zahlen von den drei Parametern der konstanteste Milchinhaltsstoff.

Die Standardabweichungen für Fett, Protein, Laktose, Harnstoff, und die Milchmenge der einzelnen Viertel ließen sich im einzelnen vergleichen. Dabei wurde zunächst der Schätzer für die Varianz für alle Gemelke berechnet. Dann erfolgte eine Berechnung für jede einzelne Kuh und für jedes einzelne Gemelk. Die mittleren Standardabweichungen sind in Tabelle 2 prozentual zum Mittelwert ausgedrückt.

Die Streuung der Messwerte zwischen den Vierteln innerhalb eines Euters betragen beim Parameter Fett ca. 5 %. Zwischen den einzelnen Gemelken einer Kuh kommt es zu Unterschieden von 15 %. Bei verschiedenen Kühen gibt es erwartungsgemäß die größten Unterschiede mit 21 %. Die Streuung bei den Parametern Protein und Laktose sind deutlich geringer. Während der Harnstoff und insbesondere die Milchmenge sehr stark schwanken.

Zwischen der Laktose und der Leitfähigkeit besteht eine negative Korrelation von r = -0,66. Dagegen ist die Korrelation zwischen der Leitfähigkeit und der Zellzahl mit r = 0,26 eher gering positiv.

Tab. 2: Die Standardabweichung von den Parametern Fett, Protein, Laktose, Milchmenge (MY) und Harnstoff prozentual zum Mittelwert
The standard deviation of fat, protein, lactose, milk yield (MY) and urea expressed as a percentage of the average

	Fat	Protein	Lacotse	My	Urea
Udder	5	1	1	27	3
Cow	15	3	2	35	27
Dif. cows	21	11	5	43	31

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ursache für die auffällig niedrigen Zellzahlen dürfte in der Bereitschaft des Betriebsleiters begründet liegen, die Tiere zwischen konventionellem Melksystem und Automatischen Melksystem sofort auszutauschen, wenn sich erste Krankheitssymptome zeigen. Außerdem sind bei den veterinärmedizinischen Begleituntersuchungen während des Versuches keine klinisch kranken Tiere aufgetreten. Der Wert für Harnstoff ist insofern besonders interessant, weil kurz vor Beginn des Versuchs eine Futterumstellung vorgenommen worden war. Im Verlauf der drei Tage erfolgte somit eine Adaptation der Tiere an die neue Nahrung, so dass die Harnstoffwerte in der Milch sanken (UMSTÄTTER UND KAUFMANN 2000). Daraus lässt sich bei dieser Streuungszunahme von 3 % auf 27 % ein stark durch die Umwelt bedingter Wert erkennen. Während die Genetik der Tiere einen vergleichsweise niedrigen 31 % - 27 % = 4 % Einfluss zu haben scheint.

Durch den Vergleich der Standardabweichungen kann man somit einen ungefähren Eindruck über die natürliche Streuung bei den Euterviertel, die Umwelteinflüsse und die genetischen Effekte bekommen, so wie sie im Prinzip auch bei Zuchtwertschätzungen erfasst werden. Wobei die natürliche Streuung beim Fettgehalt mit 5 % recht hoch ist. Der genetische Einfluss liegt mit 6 % trotzdem deutlich erkennbar darüber. Durch die Umwelteinflüsse, wie zum Beispiel unterschiedliche Zwischenmelkzeiten, Futterumstellung oder normaler täglicher Stress, schwanken die Werte um 10 %. Beim Parameter Protein liegen die genetischen Einflüsse bei etwa 8 %, während aber die Streuung innerhalb des Euters und zwischen den Gemelken deutlich niedriger ist. Am konstantesten erscheint auch hier der bekanntermaßen stabile Parameter Laktose. Mit einer Variationsbreite von nur ±1 %, stimmt dies auch mit der Angabe überein, dass der Laktosegehalt der Milch durch die Zwischenmelkzeiten nur unwesentlich beeinflusst wird (MIELKE ET AL. 1994). Die von den einzelnen Kühen abgegebenen Milchmengen haben nach dieser Untersuchung eine genetische Beeinflussung von geschätzten 8 %. Die Streuung der vier Messwerte eines Gemelkes weisen dagegen 27 % auf. Hier kommt der Messfehler des LactoCorders deutlich zum Tragen. Trotzdem lässt sich auch der Umwelteinfluss mit 8 % klar erkennen.

Die höchste lineare Korrelation bei den verschiedenen Parametern besteht zwischen den Leitfähigkeitswerten und der Laktose. Diese Zusammenhänge sind ebenfalls verschiedentlich veröffentlicht (u.a. WENDT ET AL. 1998). Die niedrige Korrelation zwischen Zellzahl und Leitfähigkeit stimmt auch mit den Untersuchungen von NIELEN ET AL. (1992) überein.

Dass im Prozess der Milchgewinnung seit längerer Zeit und insbesondere durch die Melkroboter eine Verschiebung der Prioritäten stattfindet, ist bekannt. In der Milchviehhaltung kann

durch die Entwicklung der Tieridentifikation und der verbesserten Sensorik das einzelne Tier als Individuum immer stärker in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt werden. Dabei ist verstärkt festzustellen, dass das Euter auch nicht nur als Ganzes gesehen werden muss. Die Viertel der Kuh können in ihrem Verhalten, z.B. bei Erkrankungen, sehr stark differieren, deshalb sollte auch auf diese Unterschiede stärker eingegangen werden. Insbesondere bei Automatischen Melksystemen wird eine viertelspezifische Melkzeugabnahme durchgeführt. Dass dies notwendig ist, zeigen frühere Untersuchungen, dort konnten erhebliche Differenzen in der Melkdauer der einzelnen Viertel eines Tieres festgestellt werden. (UMSTÄTTER UND KAUFMANN 1999). Aber auch die genauere Betrachtung von Milchflüssen, -mengen und -inhaltsstoffen ist durch die Sensorik der Melkroboter beim Melken vereinfacht worden. Die getrennte Ableitung der Milch erleichtert die Gewinnung von Viertelgemelksproben. Die Auswertung der Milchinhaltsstoffe hängt allerdings stark von den Genauigkeiten der Messungen ab. Deshalb muss eine ausreichende Anzahl von Messungen in Abhängigkeit der Streuung durchgeführt werden.

Eine zuverlässige Prozesskontrolle erfordert ausreichend gesicherte Messwerte, deren Varianzen nur durch eine ausreichende Redundanz kompensierbar ist. Das Messen der Parameter in den vier Vierteln eines Gemelks ist deshalb sinnvoll, da man vier Messwerte für ein und denselben Melkvorgang hat und diese untereinander vergleichen kann. Starken Differenzen liegen entweder Messfehler oder beispielsweise Veränderung des Gewebes zugrunde. Die Entscheidung dieser Frage erfordert als erstes eine klare Erkenntnis über die Signifikanz von Abweichungen. Da in diesem Versuch keine kranken Kühe untersucht wurden, ging es hier nicht um die Erkennung solcher, sondern um die Erkennung der Normalwerte und ihrer Streuung. Diese Kenntnis ist eine wichtige Basis für die Prozesskontrolle, wobei gerade durch die viertelbezogenen Werte eine ausreichende Information bzw. Redundanz für die Bewertung auf der Ebene des einzelnen Euters sichergestellt werden kann.

5 Zusammenfassung

Es wurden 56 Kühe in einem Automatischen Melksystem (Lely Astronaut) über einen Zeitraum von 72 Stunden (12 Stunden Messung, 12 Stunden Pause, 48 Stunden Messung) mit vier LactoCordern überwacht, bei denen in 1 542 Messungen parallel der Milchfluss, die Milchmenge, der Fett-, der Protein-, der Laktose- und der Harnstoffgehalt sowie die somatische Zellzahl und die elektrische Leitfähigkeit in den einzelnen Eutervierteln bestimmt wurden. Daraus ergaben sich statistisch analysierte Streuungen, aus denen berechnet werden konnte, wie viele Messungen notwendig sind, um eine verlässlichen Prozesskontrolle zu erreichen. Ein interessantes Ergebnis der untersuchten Häufigkeitsverteilungen ist z.B., dass der Harnstoffgehalt der Milch eindeutig von den Umweltbedingungen abhängt. Andererseits scheinen die Parameter wie Fett, Protein und die Milchproduktion zu 6 % bis 8 % durch die Genetik bestimmt zu sein. Physiologisch begrenzte Inhaltsstoffe wie Laktose können dagegen weder durch die Umwelt noch durch die Genetik stark beeinflusst werden. In solchen Fällen erweisen sich veränderte Werte als gute Indikatoren für Krankheiten.

6 Literatur

JURJANZ, S.; F. LAURENT UND M. GRAUPNER: Einfluß einer erhöhten Melkfrequenz auf die Milchzusammensetzung. Monatsh. Veterinärmed. 48 (1993), S. 631-634

MIELKE, H.: Physiologie der Laktation. In: WENDT, K.; H. BOSTEDT, H. MIELKE UND H.-W. FUCHS: Euter- und Gesäugekrankheiten. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1994, S. 82

NIELEN, M.; H. DELUYKER; Y.H. SCHUKKEN AND A. BRAND: Electrical Conductivity of Milk: Measurement, Modifieres, and Meta Analysis of Mastitis Detection Performance. Journal of Dairy Sciences 75 (1992), S. 606-614

UMSTÄTTER, C. UND O. KAUFMANN: Erste Ergebnisse viertelbezogener LactoCorder-Messungen bei Milchkühen. Vortragstagung der deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde e.V. und der Gesellschaft für Tierzuchtwissenschaft „Aus der Arbeit der Forschungsstätten für Tierproduktion", 15. und 16. September 1999, Gießen, S. B14

UMSTÄTTER, C. UND O. KAUFMANN: Continuous milk flow measurement for problem solving. In: HOGEVEEN, H. AND A. MEIJERING (Eds.): Robotic Milking. Wageningen Pers. Wageningen, 2000, S. 267-276

WENDT, K.; K.-H. LOTTHAMMER; K. FEHLINGS UND M. SPOHR: Handbuch Mastits. Kamlage Verlag, Osnabrück, 1998

The importance of process control in relation to udder quarters in milk production

UMSTÄTTER, CHRISTINA AND OTTO KAUFMANN

Institut für Nutztierwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin, 10099 Berlin, Germany

The analysis of 56 cows in an Automatic Milking System (Lely Astronaut) over a period of 72 hours (12 hours measurement, 12 hours break, 48 hours measurement) with 4 LactoCorders and with 1 542 measurements of milk flow, milk yield, fat, protein, lactose, urea and somatic cell count as well as the electrical conductivity from each udder quarter has shown, how many measurements has to be done, for a reliable figure to investigate. As an interesting result of the analysis of the data distribution we could find, that e.g. urea is a parameter that depends strongly on the environmental conditions. On the other side, parameters like fat, protein and milk production seems to be determined with 6 % to 8 % by genetic effects. Physiological limited ingredients like lactose can not be influenced by the environment on one hand and by heredity on the other hand. In such cases changing values are strong indicators for illness.

Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Umtriebsformen auf das Tier- und Melkverhalten beim automatischen Melken

HARMS, JAN[1]; GEORG WENDL[2] UND HANS SCHÖN[1]

[1] Lehrstuhl für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan
[2] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan

1 Einleitung und Zielstellung

Durch den Einsatz automatischer Melksysteme können Kühe erstmals den individuellen Bedürfnissen folgend 24 Stunden am Tag gemolken werden. Dies hat weitreichende Konsequenzen für das Tierverhalten und für die Arbeitsorganisation des Betriebes. Erreicht werden soll eine optimale Melkfrequenz bei möglichst geringem Kosten-/Arbeitsaufwand und möglichst geringer Beeinträchtigung des Tierverhaltens. Große Bedeutung erhält in diesem Zusammenhang der Kuhumtrieb. Bisherige Untersuchungen zum Kuhumtrieb wurden meist mit kleinen, nicht praxisüblichen Herdengrößen durchgeführt. Ziel war es deshalb, die Auswirkungen ausgewählter Umtriebformen auf das Tier- und Melkverhalten bei einer realistischen Herdengröße zu untersuchen.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden an einer Fleckviehherde mit einer Größe von 48 - 50 Kühen (ca. 7 000 kg/Laktation) im Außenklimastall der staatlichen Versuchsgüterverwaltung Grub (Abb. 1) an einer Einboxenanlage (Typ „Merlin" der Firma Lemmer-Fullwood; Tab. 1) durchgeführt. Untersucht wurden die in Tabelle 1 dargestellten 3 Umtriebsformen. Alle Varianten konnten dabei jeweils durch Umgestaltung der Übergänge vom Fress- zum Liegebereich realisiert werden (siehe Markierungen in Abb. 1 bzw. Tab. 1).

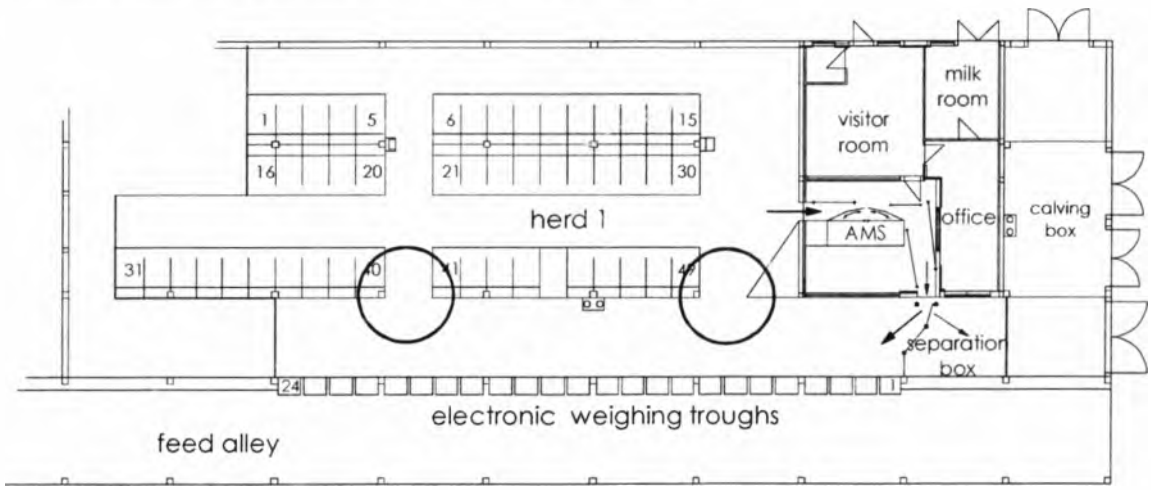
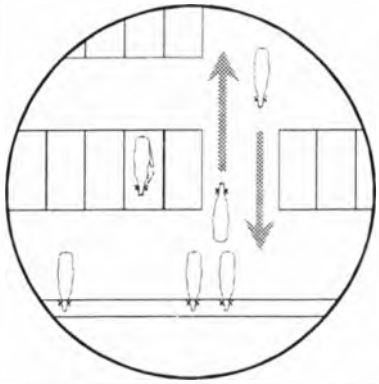
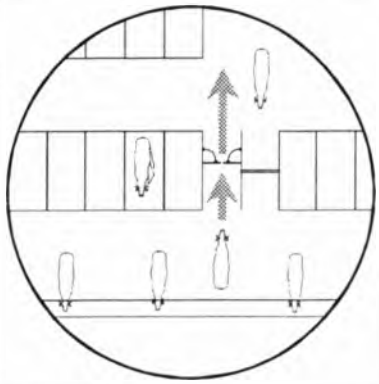
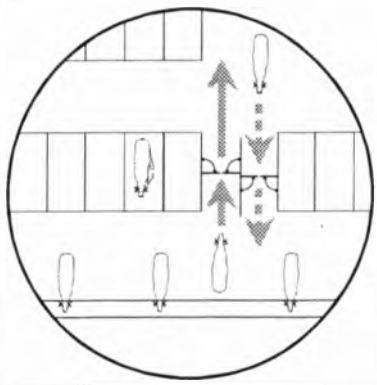


Abb. 1: Grundriss des Versuchsstalls
Layout of the experimental cowshed

Tab 1: Untersuchte Umtriebsformen
Investigated forms of cow traffic

	**Freier Umtrieb** (freier Zugang zur Melkbox und zum Fressbereich) *12 Tage, 49 Kühe, ∅ 22,6 kg Milch/Kuh und Tag* *∅ 115 Laktationstage, ∅ 2 Laktationen* **Free cow traffic** (free access to the milking box and to the feeding area) *12 days, 49 cows ∅ 22.6 kg milk/cow and day* *∅ 115 days in lactation, ∅ 2 lactations*
	**Einfach gelenkter Umtrieb** (Zugang zum Fressbereich nur über die Melkbox) *12 Tage, 49 Kühe, ∅ 22,3 kg Milch/Kuh und Tag,* *∅ 145 Laktationstage, ∅ 2 Laktationen* **Guided cow traffic** (access to the feeding area only via the milking box) *12 days, 49 cows, ∅ 22.3 kg milk/cow and day* *∅ 145 days in lactation, ∅ 2 lactations*
	**Selektiv gelenkter Umtrieb** (Zugang zum Fressbereich über die Melkbox und zwei dezentrale Selektionstore zw. Liege- und Fressbereich) *15 Tage, 49–51 Kühe, ∅ 23,2 kg Milch/Kuh und Tag,* *∅ 165 Laktationstage, ∅ 1,9 Laktationen* **Selectively guided cow traffic** (access to the feeding area via the milking box and two selection gates between lying and feeding area) *15 days, 49 – 51 cows; ∅ 23.2 kg milk/cow and day,* *∅ 165 days in lactation, ∅ 1.9 lactations*

Die dezentralen Selektionstore der Variante „selektiv gelenkter Umtrieb" wurden vom automatischen Melksystem angesteuert. Im Versuch waren sie so eingestellt, dass eine Kuh das Tor nicht mehr passieren konnte, sobald ihr das automatische Melksystem den Status „melkberechtigt" zugewiesen hatte.

Zusätzlich zur automatisierten Datenerfassung aller relevanter Betriebsparameter des automatischen Melksystems erfolgten Videoaufzeichnungen des Tierverhaltens während der gesamten Versuchsdauer. Mittels Tagebuchaufzeichnungen des Betreuungspersonals konnten weitere Betriebsdaten festgehalten werden. Die Höhe der Grundfutteraufnahme und das Fressverhalten wurde über 24 elektronische Wiegetröge registriert, Kraftfutter wurde nur in der Melkbox gefüttert. Kühe wurden tagsüber zu 5 Zeitpunkten zum Melken geholt, wenn sie ihre eingestellte Zwischenmelkzeit um mehr als 3-4 Stunden überschritten hatten. Vor jeder Versuchsvariante hatten die Tiere mindestens 6 Wochen Zeit, sich an die neue Umtriebsform zu gewöhnen, wobei die Herde in den ersten Tagen mehrmals manuell durch die Selektionstore geführt wurde, um die Eingewöhnung zu beschleunigen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Melkverhalten

Bei freiem Umtrieb fanden im Durchschnitt 113 Melkungen pro Tag statt, entsprechend einer durchschnittlichen Melkfrequenz von 2,3 Melkungen pro Kuh und Tag. Zusätzlich wurde die Melkbox pro Tag 30 mal ohne Melkvorgang besucht, d.h. 0,6 mal pro Tier und Tag. Mehr Melkungen (129) als bei freiem Umtrieb wurden bei gelenktem Umtrieb erreicht, allerdings suchten die Tiere die Melkbox neben den Melkvorgängen auch deutlich häufiger auf (70 zusätzliche Besuche pro Tag). Auf das Einzeltier bezogen bedeutet dies 2,6 Melkungen und 1,4 zusätzliche Besuche pro Tag. Bei selektiv gelenktem Umtrieb lag der Wert der Melkungen pro Tag mit 127 auf dem gleichen Niveau wie bei gelenktem Umtrieb. Die Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox lag dagegen mit einem Wert von 35 fast auf dem Niveau des freien Umtriebs. Pro Kuh ergaben sich damit 2,6 Melkungen und 0,7 zusätzliche Besuche pro Tag (Abb. 2).

Im Vergleich zu Resultaten in der Literatur wurde die Melkbox in der gesamten Versuchsreihe relativ selten aufgesucht. So beschreibt beispielsweise HOGEVEEN ET AL. 1998 Gesamtbesuchsfrequenzen (Melkungen und zusätzliche Besuche) von mindestens 4 bei freiem Umtrieb bis zu mehr als 8 bei gelenktem Umtrieb. Eine Erklärung hierfür könnte die höhere Auslastung des untersuchten Systems im Vergleich zu HOVEGEEN (57 Tiere, Zweiboxenanlage) sein. Ein Vergleich mit den Ergebnissen von WENDL ET AL. 2000, die auf Praxisbetrieben ermittelt wurden, zeigt, dass die ermittelten Werte für zusätzliche Besuche bei freiem und selektiv gelenktem Umtrieb zwar im unteren Bereich liegen, ähnliche Werte aber auch auf 5 von 17 Betrieben gefunden wurden.

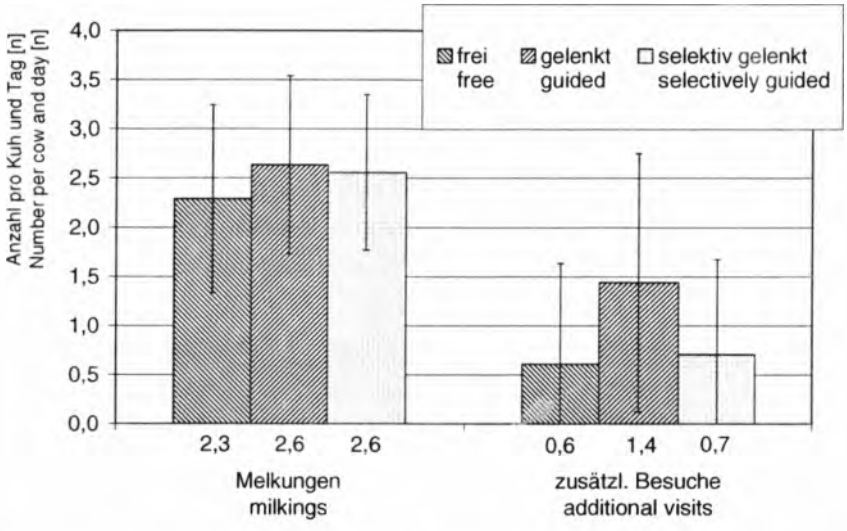


Abb. 2: Melkungen / zusätzliche Besuche pro Tier u. Tag bei verschiedenen Umtriebsformen
Milkings / additional visits per cow and day at different forms of cow traffic

Um die dargestellte Anzahl Melkungen pro Kuh und Tag zu erreichen, mussten in den verschiedenen Versuchsvarianten unterschiedlich häufig Tiere zum Melken geholt werden. Die Anzahl der „Holvorgänge" ist dabei ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Belastung des Betreuungspersonals, aber auch ein Maß dafür, inwieweit das Aufsuchen der Melkbox bei den verschiedenen Versuchsvarianten freiwillig bzw. rechtzeitig erfolgte.

Bei freiem Umtrieb musste im Durchschnitt 15,2 mal pro Tag (s = 4,2) eine Kuh zum Melken geholt werden, bei gelenktem bzw. selektiv gelenktem Umtrieb nur 3,8 (s = 1,9) bzw. 4,3 (s = 1,6) mal pro Tag. Bei beiden gelenkten Umtriebsformen lag dieser Wert damit bis zu 75 % unter dem des freien Umtriebs. OBERDELLMANN ET AL. 2000 fanden in ihren Untersuchungen zum Arbeitszeitbedarf beim Einsatz automatischer Melksysteme, dass auf das „Treiben von Kühen" 27 % der gesamten Arbeitszeit entfällt. Vor diesem Hintergrund versprechen die beiden gelenkten Umtriebsformen ein erhebliches Potential zur Einsparung von Arbeitszeit. Während sich bei einfach gelenktem Umtrieb aber regelmäßig Staus vor dem Eingang zur Melkbox bildeten, trat dies bei selektiv gelenktem Umtrieb deutlich seltener auf. Dieser Aspekt in Kombination mit der geringeren Belastung des automatischen Melksystems durch zusätzliche Besuche der Melkbox verspricht Vorteile für den selektiv gelenkten Umtrieb.

3.2 Fressverhalten

Einer der Hauptgründe für die Wahl des freien Kuhumtriebs ist die Annahme, dass die Tiere dadurch häufiger den Fressbereich aufsuchen und mehr Futter aufnehmen. Die Anzahl der Fressperioden (Abstand zur nächsten Futteraufnahme > 10 min.) war bei freiem Umtrieb mit durchschnittlich 8,9 am höchsten und unterschied sich deutlich vom gelenkten Umtrieb mit dem niedrigsten Wert (∅ 6,6 Fressperioden). Bei selektiv gelenktem Umtrieb lag dieser Wert im Durchschnitt bei 7,4 und damit zwischen den beiden anderen Umtriebsformen. Alle drei Umtriebsformen unterschieden sich in der Anzahl der Fressperioden signifikant (α=0,01) (Abb. 3).

Die aufgenommene Grundfuttermenge (Trockenmasse TM) pro Tier und Tag wies in den 3 untersuchten Umtriebsvarianten ebenfalls signifikante Unterschiede auf. Sie betrug bei freiem Umtrieb 16,9 kg TM/Kuh und Tag, bei gelenktem Umtrieb 16,1 kg TM/Kuh und Tag und bei selektiv gelenktem Umtrieb 17,4 kg TM/Kuh und Tag. Bei freiem Umtrieb wurden somit mehr Fressperioden realisiert, allerdings führte dies bei der untersuchten Herde nicht zu einer Steigerung der Grundfutteraufnahme im Vergleich zu den gelenkten Umtriebsformen. Hierbei ist allerdings einschränkend festzuhalten, dass sich die Herde im Laktationsstatus und in der Milchleistung änderte, wodurch die geringere Futteraufnahme zumindest teilweise erklärt werden kann (Abb. 3)

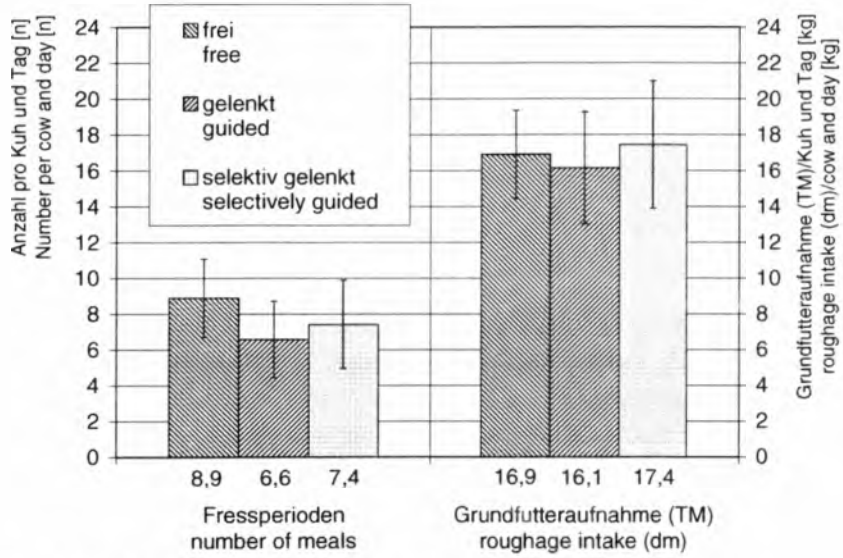


Abb. 3: Fressperioden/Tag und Grundfutteraufnahme (kg TM)/Tag
Number of meals per day and roughage intake (kg dm)/day

4 Zusammenfassung

Wichtiges Ziel beim Einsatz eines automatischen Melksystems ist das Erreichen einer optimalen Melkfrequenz bei möglichst geringem Kosten-/Arbeitsaufwand und möglichst geringer Beeinträchtigung des Tierverhaltens. Große Bedeutung erhält in diesem Zusammenhang der Kuhumtrieb. Durch die optimale Gestaltung des Kuhumtriebs sollen dabei mehrere Punkte erreicht werden:

- Freiwilliges, mehrmaliges Melken,
- geringe Einschränkung der Kapazität des Systems, verursacht durch zusätzliche Besuche,
- Minimierung des Zeitaufwands für das Holen von Kühen,
- wenig Staus vor dem Eingang zur Melkbox,
- Sicherung einer möglichst hohen Grundfutteraufnahme.

Untersucht wurden 3 Formen des Kuhumtriebs (Herdengröße ca. 50 Tiere, Einboxenanlage):

- Freier Umtrieb (freier Zugang zur Melkbox und zum Fressbereich),
- einfach gelenkter Umtrieb (Fressbereich nur über die Melkbox erreichbar),
- selektiv gelenkter Umtrieb (Zugang zum Fressbereich über die Melkbox und zwei dezentrale Selektionstore zwischen Liege- und Fressbereich).

Folgende Ergebnisse konnten dabei gewonnen werden (Tab. 2).

Tab. 2: Ergebnisse der Untersuchung

Ziel	Freier Umtrieb	Einfach gelenkter Umtrieb	Selektiv gelenkter Umtrieb
Hohe Melkfrequenz	-	+	+
Wenig Besuche ohne Melkung	+	-	+
Wenig zu holende Tiere	-	+	+
Wenig Staus vor der Melkbox	+	-	+
Hohe Grundfutteraufnahme	0	0	0

Unter den gegebenen Bedingungen konnte der gelenkte Umtrieb mit dezentralen Selektionstoren als optimale Lösung ermittelt werden, da er die Vorteile von einfach gelenktem und freiem Umtrieb kombiniert, wenn auch einschränkend hinzugefügt werden muss, dass für den Einbau der Tore zusätzliche Kosten entstehen.

5 Literatur

HOGEVEEN, H.; A.J.H. VAN LENT und C.J. JAGTENBERG: Free and One-way Traffic in Combination with Automatic Milking. In: Proceedings of the fourth international dairy housing conference. St. Louis, Missouri, 28-30 Jan. 1998

OBERDELLMANN, P.; M. LEIENDECKER und J. STUMPENHAUSEN: Arbeits- und betriebswirtschaftliche Beurteilung automatischen Melkens. Landtechnik 55 (2000), H. 4, S. 306-307

WENDL, G.; F. SEDLMEYER, J. HARMS und H. SCHÖN: Results of field investigation with automatic milking systems. ASAE Paper No. 003017, American Society of Agricultural Engineers 2000, St. Joseph, Michigan USA

Influence of different forms of cow traffic on the animal and milking behaviour in automatic milking systems

HARMS, JAN[1]; GEORG WENDL[2] AND HANS SCHÖN[1]

[1] Lehrstuhl für Landtechnik, TU München, 85350 Freising-Weihenstephan, Germany
[2] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, TU München, 85350 Freising-Weihenstephan, Germany

An important aim of the application of an automatic milking system is an optimal milking frequency combined with a minimum of costs and work load. At the same time the animal behaviour should be impaired as less as possible. To reach these aims the cow traffic is very important. Several aspects are supposed to be fulfilled by an optimally designed cow traffic:

- Voluntary, regular milking,
- minimal reduction of the capacity caused by additional visits to the milking box,
- minimal time need to fetch cows for milking,
- minimal queues in front of the milking box,
- high roughage intake.

3 forms of cow traffic were investigated (herd size approx. 50 animals, single box system):

- Free cow traffic (free access to the milking box and to the feeding area),
- guided cow traffic (access to the feeding area only via the milking box),
- selectively guided cow traffic (access to the feeding area via the milking box and two selection gates between lying and feeding area).

The following results were obtained (Tab. 3).

Tab. 3: Results of the investigation

Aim	free traffic	guided traffic	selectively guided traffic
High milking frequency	-	+	+
Few visits without milking	+	-	+
Few cows to fetch	-	+	+
Few queues in front of the milking box	+	-	+
High roughage intake	0	0	0

Under the investigated circumstances the selective guided cow traffic (selection gates between lying and feeding area) was found to be the best solution, because it combines the advantages of free cow traffic and guided cow traffic. Restricting, it has to be mentioned that additional costs have to be calculated for the installation of the gates.

Veränderung des Tier- und Melkverhaltens beim automatischen Melken im Laktationsverlauf

PURUCKER, STEPHAN[1]; GEORG WENDL[2] UND HANS SCHÖN[1]

[1] Lehrstuhl für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan
[2] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan

1 Einleitung und Zielsetzung

Das automatische Melken (AM) stellt einen Meilenstein beim Einsatz der Elektronik in der Milchviehhaltung dar. Erstmals kann das Tier den Melk-, Fress- und Liegerhythmus weitgehend selbst bestimmen. Wenn Tier und System optimal miteinander harmonieren, verringern sich die manuellen Tätigkeiten entscheidend. Neben der Versorgung mit Futter und der Tierüberwachung verbleiben als manuelle Eingriffe in das Tierverhalten nur das Kalben, die Besamung und eventuell nötige Umgruppierungen.

Diese Reduzierung der Milchkuh–Mensch–Interaktionen bleibt nicht ohne Auswirkungen auf das Tier- und Melkverhalten. Mittels einer Langzeituntersuchung sollen die Veränderungen des individuellen Tier- und Melkverhaltens über die gesamte Laktation auf einem Praxisbetrieb dokumentiert und analysiert werden. Die so gewonnenen Ergebnisse sollen der weiteren Optimierung dieser Produktionstechnik dienen und für die Praxis relevante Entscheidungshilfen liefern.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden auf einem Praxisbetrieb mit einer Einboxenanlage der Firma Lely durchgeführt. Die Herde umfasste 44 bis 52 Kühe (inkl. bis zu 10 Färsen) mit Jahresleistungen von 4 000 bis 11 000 kg Milch. Als Kuhumtriebsform kam ein gelenkter Kuhverkehr zum Einsatz. Zusätzlich zu den Identifizierungsstellen in der Melkbox und den zwei Kraftfutterstationen wurde eine Durchgangsantenne installiert, um alle Tierbewegungen vom Fress- zum Liegebereich erfassen zu können (Abb. 1). Die Gemelksmengen und der Milchfluss der Einzelviertel wurden periodisch über LactoCorder-Messungen erfasst. Die Milchproben der Einzelviertel wurden zusammen mit den zeitgleich, routinemäßig durchgeführten LKV-Milchleistungsproben auf Eiweiß-, Fett-, Lactose-, Harnstoff- und Zellgehalt untersucht.

Über das Herdenmanagementprogramm „X-Pert" wurden Daten zum Melkverhalten (Melkhäufigkeit, Melkdauer, „Totmelkzeit" = Zeit zwischen Ansetzen des Melkbechers und Registrieren des Milchflusses am Sensor, durchschnittlicher und maximaler Milchfluss, Milchmenge, Leitfähigkeit der Milch, Milchtemperatur) und Daten zum Tierverhalten (Dauer und Anzahl der Aufenthalte im Fress-und Liegebereich (kurz: „Fress- und Liegeperioden"), Anzahl und Verteilung der Besuche in den Kraftfutterständen und im automatischen Melksystem) erfasst und mit einer eigens entwickelten Software gespeichert und ausgewertet. Somit können die im standardmäßigen Managementprogramm nur kurzfristig vorhandenen Daten, langfristig für Entscheidungen genutzt werden. Da die Kühe häufig Erkennungsstellen betraten und nach

Identifizierung diese wieder rückwärts verließen, musste eine Datenbereinigungsroutine integriert werden.

Die verwendete Grundfutterration hatte einen Milcherzeugungswert von ca. 12 kg, Kraftfutter wurde nach Leistung im automatischen Melksystem (Höchstwert 1 kg/Tag) und in den beiden Kraftfutterstationen zugeteilt.

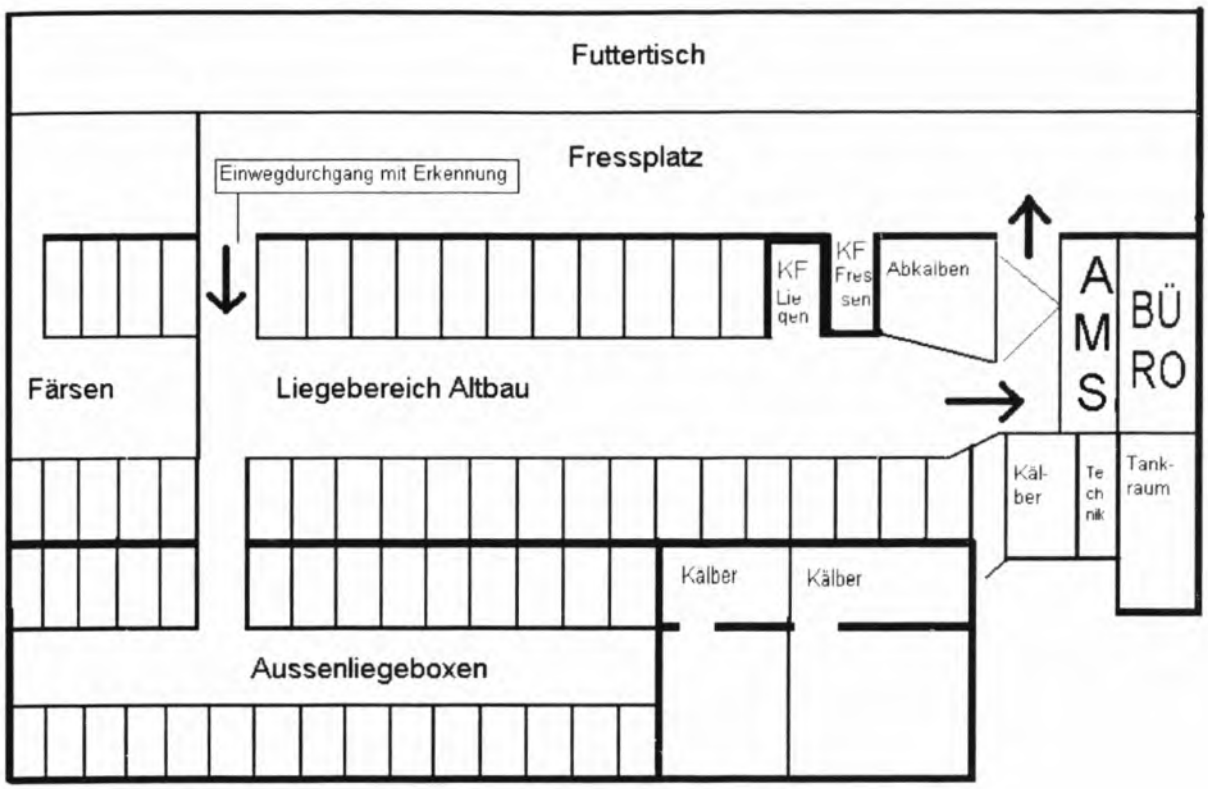


Abb. 1: Stallplan des untersuchten Betriebes
Plan of the barn

3 Ergebnisse

3.1 Tierverhalten

Das Tierverhalten war geprägt durch eine sehr starke Individualisierung. Die Dauer der Fress- und Liegeperioden variierte sehr stark von Kuh zu Kuh. Jüngere, mobilere Stoffumsatztypen hatten 7 bis 10 Fress- und Liegeperioden. Die durchschnittliche Dauer der Aufenthalte im Fressbereich betrug ca. 1 h, im Liegebereich ca. 2 h, wobei sich die Liegeperioden mit 3 bis 6 stündiger Dauer mit kurzen Zwischenaufenthalten im Fressbereich von unter einer Stunde abwechselten. Ältere, schwere Kühe begnügten sich mit 2 bis 4 Fress- und Liegeperioden, die mit 2 bis 4 Stunden bzw. 5 bis 8 Stunden entsprechend lang waren, wie in Abbildung 2 zu erkennen ist. Die aufsummierten Fress- und Liegeperioden standen bei fast allen Tieren im Verhältnis 1 zu 2. Gemeinsam war allen Kühen, dass nach einer Liege- und Wiederkauperiode zuerst der Kraftfutterstand im Liegebereich aufgesucht wurde, bevor das automatische Melksystem betreten wurde. Es herrschte meist mehr Andrang vor dem Kaftfutterstand als vor der Melkeinheit. Auch nach dem Verlassen des AMS führte der erste Weg meist in den Kraftfutterstand im Fressbereich. Nach der Grundfutteraufnahme folgte oft ein erneuter Besuch am

Kraftfutterautomaten, bevor in den Liegebereich gewechselt wurde. Die Besuchshäufigkeit der Kraftfutterstände mit jeweils ca. 400 Besuchen je Stand und Tag war höher als die des AMS mit ca. 300 Passagen. Die Häufigkeit des Aufsuchens eines Kraftfutterstandes wies tierindividuelle Schwankungen auf (Abb. 3).

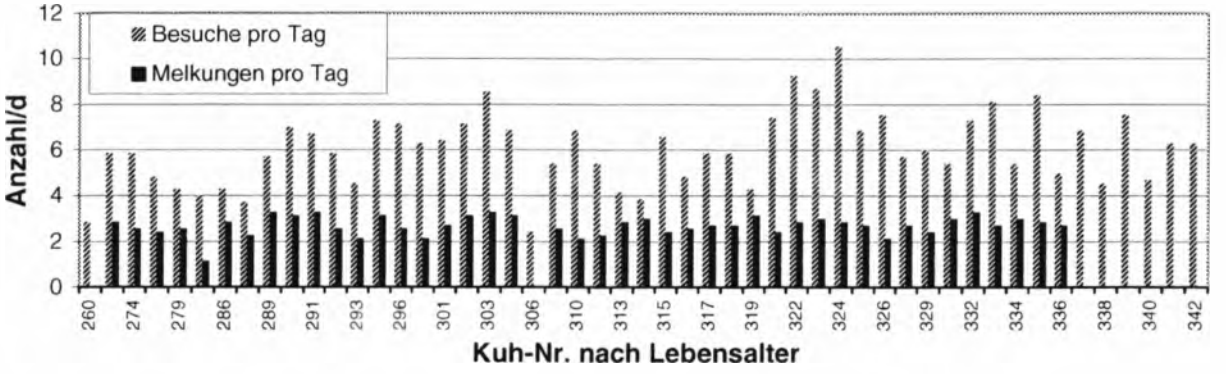


Abb. 2: Kuhindividuelle Besuchshäufigkeit des AMS (Mittelwert über 26 Tage)
Number of individual visits of the AMS (mean over 26 days)

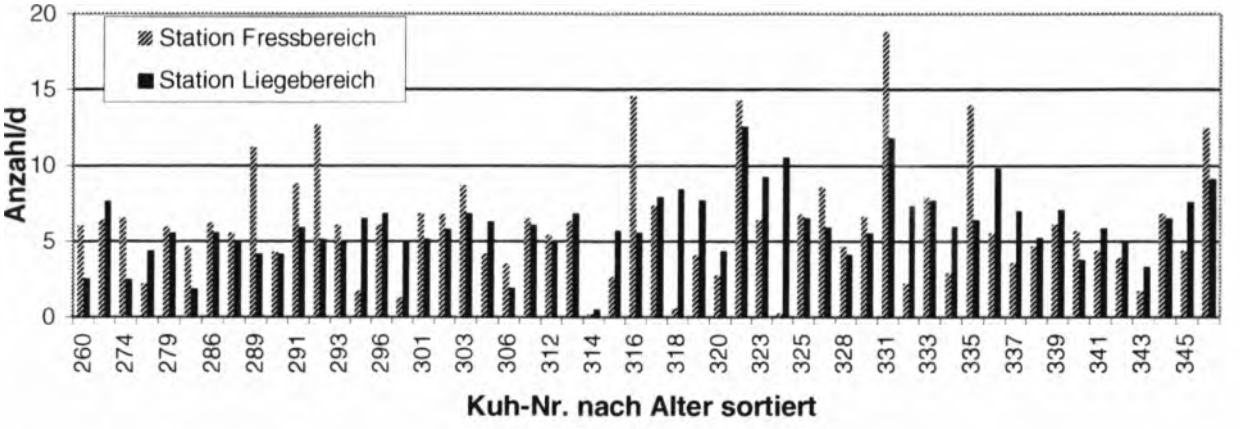


Abb. 3: Kuhindividuelle Besuchshäufigkeit der Kraftfutterstände (Mittelwert über 26 Tage)
Number of individual visits in the concentrate feeder per day (mean over 26 days)

Diese Werte sind nicht nur tierindividuell geprägt, sondern auch durch den Laktationsverlauf, die Tiergesundheit (Lahmheiten, Mastitiden und Stoffwechselprobleme) und äußere Einflüsse wie Futtervorlage und Störungen des automatischen Melksystems.

Beachtenswert sind einige Tiere mit auffälligem Verhalten. Kuh 316 hatte sehr lange Aufenthalte im Fressbereich (über 8 h) mit vielen, fast stündlichen Besuchen in der Kraftfutterstation. Ähnliche Besuchsmuster an einer Kraftfutterstation wiesen auch die Kühe 331 und 336 auf, hier aber im Liegebereich. Gemeinsam war diesen Kühen, dass sie das System mit Zwangsdurchgängen nicht akzeptierten, was zu hohen Zwischenmelkzeiten, hoher Nervosität beim Melken und somit zu zusätzlichem Arbeitsaufwand für Nachtreiben und Beruhigen führte. Negative Kuh–Kuh–Interaktionen ergaben sich, wenn ranghohe Tiere (Kuh 309) Funktionsbereiche blockierten.

3.2 Melkverhalten

Die wichtigsten betrieblichen Melkparameter sind die Milchleistung und die Milchqualität, die sich positiv entwickelten. So stieg der Herdendurchschnitt von 6 500 kg bis 7 000 kg auf 8 200 kg Milch nach dem Umstellungsjahr. Der Zell- und Keimgehalt stieg während der Umstellungsphase leicht an, um sich dann auf relativ niedrigem Niveau einzupendeln (Abb. 4).

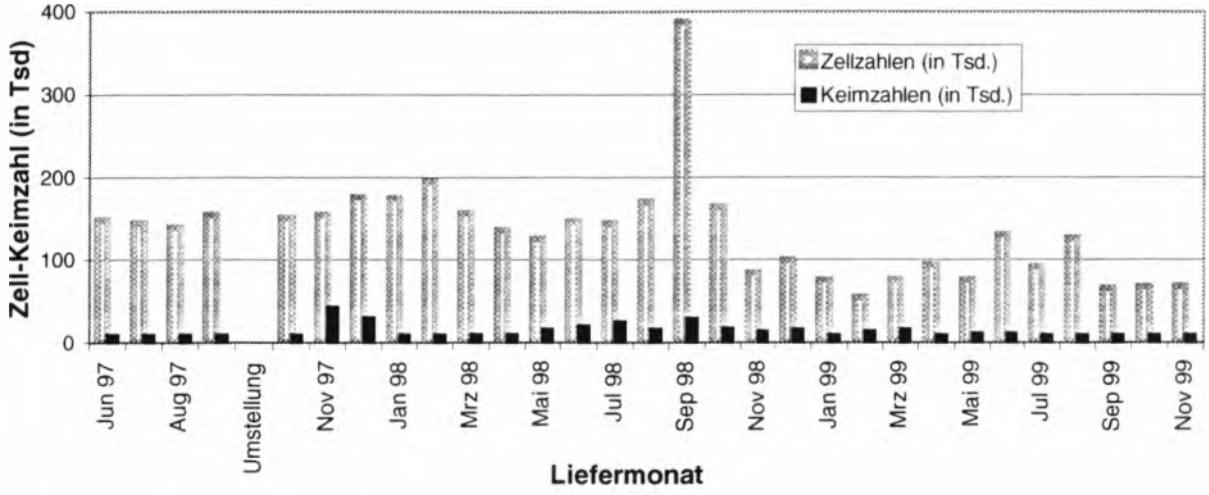


Abb. 4: Milchqualität der Ablieferungsmilch
Quality of bulk milk

Die Melkfrequenz veränderte sich im Laufe der Laktation. Vor allem zu Beginn der Laktation wurden Melkhäufigkeiten bis zu 3,8 Melkungen pro Kuh und Tag erreicht. Dieser Wert sank im Laufe der Laktation auf 2,5 bis 1,8 Melkungen, teilweise bedingt durch die Einstellungen im Herdenmanagementprogramm. Hohe Melkhäufigkeiten bei niedrigen Tagesgemelken waren kontraproduktiv, da ein gewisser Euterfüllungsgrad zur Bereitschaft der Milchabgabe bei der Kuh vorteilhaft ist, und da lange Totmelkzeiten und niedrige Milchflüsse zu systembedingten Melkabbrüchen führten. Diese Problematik verstärkte sich noch bei Euterproblemen. Der vom automatischen Melksystem berechnete durchschnittliche Milchfluss bewegte sich tierindividuell zwischen 0,3 kg/min und 4,5 kg/min. Die extrem niedrigen Werte waren durch lange Melkzeiten einzelner Viertel bedingt. Da die Zwischenmelkzeiten nicht konstant waren, veränderte sich auch die Melkdauer ständig, wobei bemerkenswert war, dass auch die relative Melkdauer einzelner Viertel zur Gesamtmelkdauer und zur durchschnittlichen Melkdauer dieses Viertels große Schwankungen aufwies.

Ähnlich verhielt es sich mit der Milchmenge einzelner Viertel, wie bei periodischen Lacto-Corder-Messungen festgestellt wurde. Einfluss darauf hatte das vorhergehende Gemelk (vorzeitiges Abschlagen einzelner Melkbecher) und die relative Länge der Totmelkzeit als Maß für die Milchabgabebereitschaft. Der maximale Milchfluss (tierindividuell 1,0 kg/min bis 6,9 kg/min) wurde davon weniger beeinflusst und war etwas konstanter, wurde aber auch durch schwankende Gemelksmengen variiert. Im Durchschnitt betrug der durchschnittliche Milchfluss 1,6 bis 1,9 kg/min, der maximale Milchfluss 2,9 bis 3,5 kg/min, die Melkdauer der Vorderviertel 2,8 bis 3,2 min, die Melkdauer der Hinterviertel 3,2 bis 3,8 min, die Totmelkzeit der Vorderviertel 28 bis 35 sec. und die Totmelkzeit der Hinterviertel 33 bis 37 sec. Die unterschiedliche Melkdauer der Vorder- und Hinterviertel war durch die Milchmengenverteilung zwischen diesen Vierteln bedingt.

3.3 Einzeltierauswertung

Die langfristige Datenspeicherung gewährleistet auch Auswertungen über die gesamte Laktation und kann damit das gesamte Management verbessern. Exemplarisch wird dies nachfolgend an Kuh 324 gezeigt. Nach dem 2. Kalben (17.12.1999) bekam die Kuh Milchfieber, im ersten Laktationsmonat eine Mastitis (links hinten LH), die nach negativem serologischem Test nur begleitend behandelt wurde, sie war 3 mal brünstig, wurde zweimal besamt und hatte nach ca. 220 Laktationstagen Klauenprobleme. Die 305-Tage-Leistung betrug ca. 7 500 kg mit 4,5 % Fett und 3,6 % Eiweiß. Jedes dieser Vorkommnisse spiegelte sich deutlich in den Daten wieder. So führte die Klauenerkrankung nicht nur zum erwarteten Bewegungs- und Leistungsrückgang, sondern war auch in den Euterkoordinaten ablesbar. Besonders beobachtenswert ist die Mastitiserkrankung, die sich latent über die ganze Laktation hinzog; sie führte zum langsamen Veröden des Viertels (LH) und erzwang zum Laktationsende eine Behandlung (Tab. 1).

Tab.1: Vergleich der Werte aus Einzelviertelmessungen mit dem Gesamtgemelk (Kuh 324)
Comparison of measurements of single quarters to complete milking (cow 324)

Datum:	Werte aus LactoCorder-einzelviertelmessungen										AM-WERT	LKV-WERT
	Gemelk (kg) eines Viertels				Zellgehalt(Tsd./ml)				Summen		gesammtes Gemelk	
	LV	LH	RH	RV	LV	LH	RH	RV	kg Milch	Zellen	kg Milch	Zellen
10. Jan. 00												671
15. Feb. 00												60
9. Mrz. 00	2,36	2,39	5,32	2,11	26	134	10	24	12,18	40	12,4	kein Wert
10. Mrz. 00	1,98	2,11	4,02	1,9	23	153	10	0	10,01	41	11,6	kein Wert
21. Mrz. 00												67
22. Apr. 00	1,39	1,56	3,17	0,76	23	43	21	68	6,88	32	6,7	33
21. Mai. 00	1,28	1,23	3,19	0,68	65	98	14	159	6,38	49	7,3	21
24. Jun. 00	1,18	1,24	2,58	0,96	66	62	14	71	5,96	43	6,9	33
6. Aug. 00	1,75	2,16	3,96	1,53	0	126	10	224	9,4	70	10,1	42
23. Sep. 00	1,12	0,57	2,01	1,02	32	32	41	24	4,72	34	5,5	40
25. Sep. 00	1,05	0,72	1,58	0,91	keine Werte				4,26	43	4,3	kein Wert
17. Okt. 00	1,01	0,18	1,63	0,7	32	60	41	47	3,52	31	3,7	39

4 Zusammenfassung und Ausblick

Automatische Melksysteme können zur zukünftigen Technik in der Milchviehhaltung werden, setzen aber ein optimales Zusammenspiel von Tier und Technik voraus. Allerdings ist bisher nur wenig Expertenwissen verfügbar, der Landwirt ist oft auf „learning by doing" oder „try and error" angewiesen, obwohl das System viele wertvolle Daten zur Problemerkennung und -behebung liefern könnte. In zukünftigen Schritten müssen durch gezielte Aufbereitung und praxisnahe einfache Darstellung diese wichtigen Entscheidungshilfen dem Milchviehhalter zur Verfügung gestellt werden. Die ersten Grundlagen hierfür liefert diese Untersuchung. Detaillierte Einzelfallstudien können wertvolle Ratschläge für den täglichen Betrieb gegeben. So sind Euterentzündungen, -ödeme und Lahmheiten die häufigsten kuhbedingten Störungsursachen. Technische Funktionsstörungen des AMS müssen möglichst schnell behoben werden, um Rhythmusstörungen der Kühe zu vermeiden. Neue Impulse sind für die Zuchtarbeit durch die neuen Messtechniken mit ständigen und genaueren Messungen in den Bereichen Mastitisanfälligkeit, Euterausbildung, Melkbarkeit und Tierverhalten zu erwarten. Geeignetes Tiermaterial würde viele Probleme lösen bzw. verringern und dem Landwirt die Möglichkeit geben, sich auf den Gebieten der Fütterung, des Kuhkomforts und des Betriebsmanagements zu verbessern. Weitere Auswertungen wie Quantifizierung von Umwelteinflüssen (z.B. Fütterung) und Abhängigkeiten zwischen Merkmalen müssen folgen.

Changes of animal and milking behaviour in automatic milking systems in the course of the lactation

PURUCKER, STEPHAN[1]; GEORG WENDL[2] AND HANS SCHÖN[1]

[1] Lehrstuhl für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan, Germany
[2] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan, Germany

Automatic milking systems can become the future technology in dairy farming but this requires an optimal interplay of animals and technique. Up to now little knowledge is available and the farmer often has to proceed with „learning by doing" or „try and error" even though the system can provide a lot of useful data to detect and to solve many of the existing problems. In future steps these important facts for decision making have to be made available to the dairy farmer. This requests a specific preparation and a comprehensible presentation of the data. The results of this study are helpful to make a further step towards this aim. Detailed studies of selected cases already allow to give advices for the daily work with an AMS:

- Mastitis, udder oedemas and lameness are the most frequent reasons for malfunctions caused by cows.
- Technical failures of the AMS have to be repaired as fast as possible to avoid disturbances in the daily rhythm of the cows.
- New aspects for breeding can be expected by new techniques of measurement with continuous and more detailed data to the topics liability for mastitis, udder form, milking ability and cow behaviour.
- Suitable cows would solve a lot of the existing problems and give a chance to the farmer to improve in feeding, cow comfort and management of his farm.
- Further investigations as quantification of environmental impacts (e.g. feeding) and dependencies between the different factors are necessary.

Wirtschaftlichkeit von AMS in Abhängigkeit der technischen Kapazität und der baulichen Integration

KAUFMANN, ROBERT; HELMUT AMMANN UND RICHARD HILTY

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

1 Problemstellung und Zielsetzung

Bei einem automatischen Melksystem (AMS) bestimmt die technische Kapazität die Einsatzgrenzen. Konventionelle Melksysteme dagegen werden auf die vorhandene und üblicherweise begrenzte Arbeitskapazität hin dimensioniert. Die Planung und wirtschaftliche Beurteilung von AMS erfordern deshalb angepasste Methoden. Die Melkleistung des Systems - ausgedrückt in Kilogramm ermolkener Milch pro Zeiteinheit - hängt von diversen technischen, biologischen und organisatorischen Einflussgrößen ab.

Der große Kapitalinput in ein AMS verlangt für den wirtschaftlichen Betrieb eine Ausschöpfung dieser Kapazitätsgrenzen. Ziel ist im Folgenden, die systembeeinflussenden Faktoren und deren Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit aufzuzeigen.

2 Methode

Unter Anpassung eines Kalkulationssystems für den arbeitswirtschaftlichen Vergleich von Melksystemen (SCHICK 2000) kann die technische Kapazität des AMS in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren modelliert werden.

Entsprechende Grundlagen wurden an Einbox- und Zweiboxsystemen mittels direkter Arbeitsbeobachtungen und Videoauswertungen erfasst (SCHICK ET AL. 2000) .

Die Melkleistung bzw. die Melkkapazität hängt von Milchleistung, Melkbarkeit, Verweildauer der Kuh in der Melkbox, Ansetzzuverlässigkeit usw. ab. Systempausen, das heißt ungewollte Benützungsunterbrechungen, werden verursacht durch technisch notwendige Massnahmen (Reinigung, Wartung etc.), durch den biologischen Rhythmus der Kühe oder weidebedingte Abwesenheiten vom Stall.

Die verfahrensrelevanten Kosten (inkl. Baukosten) gehen auf Praxiserhebungen, Firmenangaben und realisierte Vorhaben zurück. Sie erlauben erste wirtschaftliche Vergleiche von Um- und Neubaulösungen im Vergleich zum konventionellen Melkstand.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf Einboxsysteme.

3 Ergebnisse

3.1 Systempausen und Leistungsniveau beeinflussen die Melkkapazität

Mit steigendem Leistungsniveau einer Herde sinkt die Grenze der technisch noch zu bewältigenden Herdengröße (Abb. 1). Gründe sind das häufigere Melken und die längere Hauptmelkzeit gegenüber tieferen Leistungen, und zwar trotz tendenzmäßig höherem Minutengemelk. Relevant ist aber die ermelkbare Milchmenge pro Anlage. Diese steigt hingegen mit steigendem Leistungsniveau. Unter Annahme einer beispielsweise täglich dreistündigen Systempause kann man mit einem 6000 kg-Bestand jährlich 350 000 kg melken (Abb.1). Mit einem Stalldurchschnitt von 10 000 kg steigt dieser Wert unter sonst gleichen Bedingungen auf rund 470 000 kg oder um 34 %.

Bei Hochleistungsbeständen wirken sich Systempausen offensichtlich nicht so gravierend wie bei den niedrigleistenden Beständen aus. Durch eine Erhöhung der Systempause von einer Stunde auf drei Stunden täglich entsteht dort nur eine Einbuße von 10 % in der Melkkapazität (Abb.1) gegenüber rund 25 % bei der tieferen Leistung. Vermutlich bewirken die kleinere Herdengröße und die im Verhältnis zur Milchproduktion reduzierte Anzahl Ein- und Austrittsbewegungen geringere Engpässe am System.

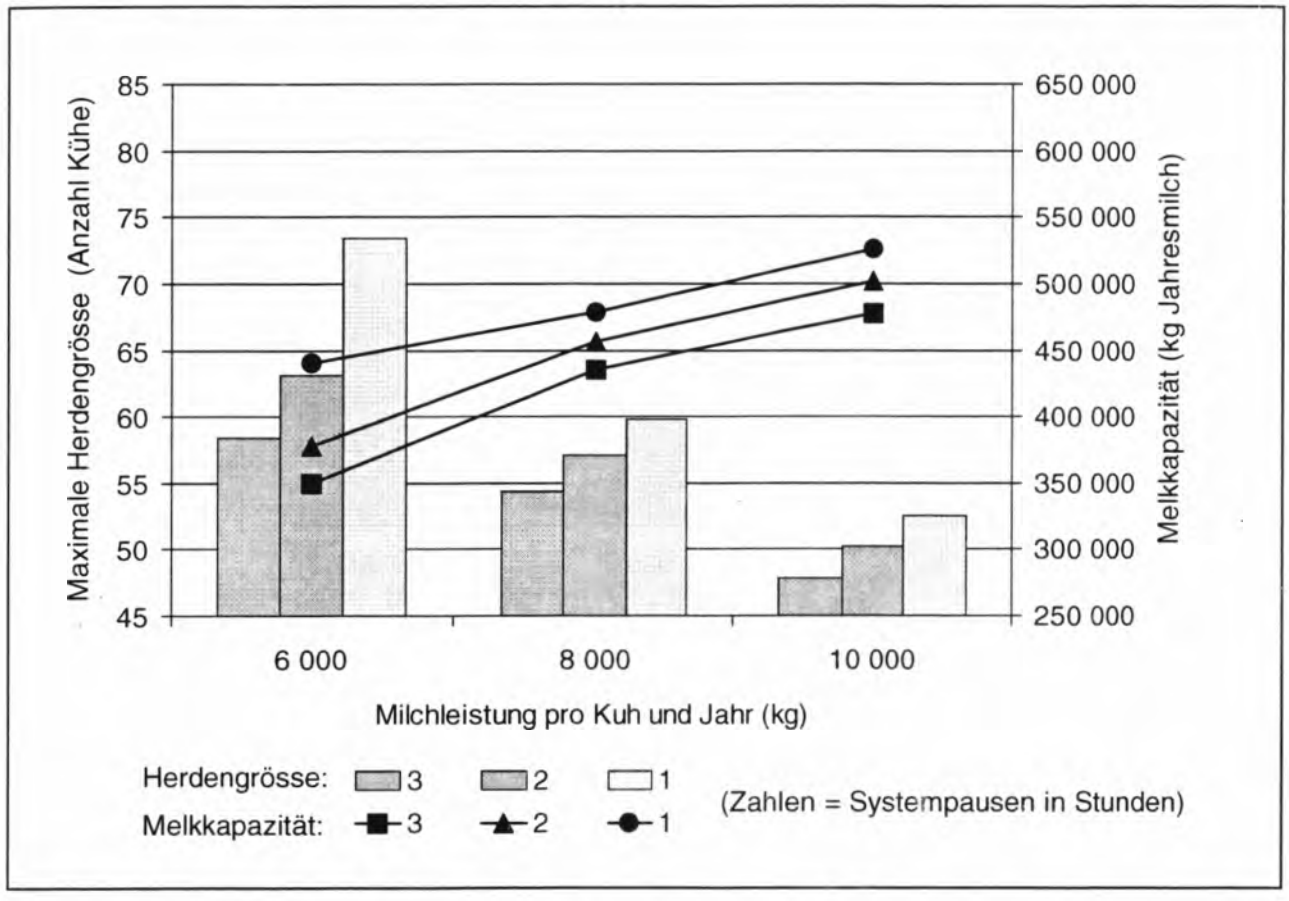


Abb. 1: Melkkapazität in Abhängigkeit von Milchleistung und Systempausen
Influence of milk yield and system downtimes on the milking capacity

3.2 Starke Streuung der Melkkapazität im Zusammenspiel von Technik und Management

Der in diesem Modellbeispiel mit "Worst-case" betitelte Zustand ist durch eine ungünstige Kombination der nachfolgenden Einflussgrößen charakterisiert: lange Systempause (150 Minuten), zusätzliche Verlängerung dieser Pause durch ungünstig gelagerte Hautpreinigungszeit in der bestfrequentierten Tagesphase, unzuverlässige Ansetztechnik (20 % Verweigerungen durch Ansetzfehler), gelenkter Umtrieb ohne Vorselektion. Letzteres führt zu zusätzlichen, unnötigen Belegungen des AMS durch Kühe, die ohne Melkberechtigung auf dem Weg zum Fütterungsbereich sind.

Es resultiert eine erstaunliche Bandbreite bei den Kapazitäten (Abb. 2). Bei der niedrigen Herdenleistung bewirken günstige Faktoren einen Anstieg der melkbaren Milch von 350 auf 485 000 Jahreskilo oder eine Erhöhung um rund 40 %.

Ein Bestand mit ungünstigen Bedingungen kombiniert mit tiefer Leistung kann vom Hochleistungsbestand mit günstigen Bedingungen fast um den Faktor 2 übertroffen werden.

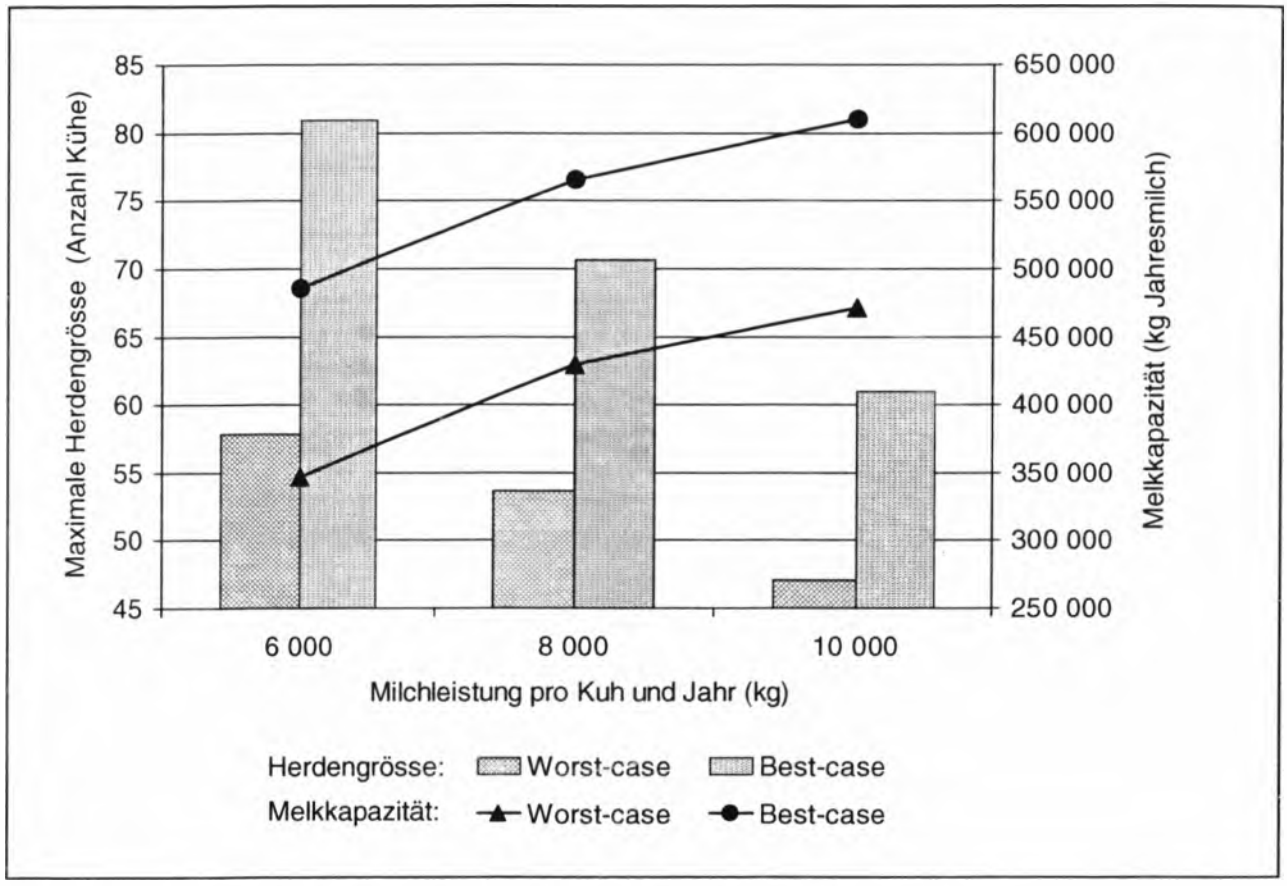


Abb. 2: Melkkapazität im Zusammenspiel von Technik und Management
Correlation between milking capacity, technique and management

3.3 Einsparungen am Bau

Anhand von einigen Praxisbeispielen konnten AMS und konventionelle Systeme miteinander verglichen werden. Der tiefere Platzbedarf für das AMS gegenüber einem Melkstand konventioneller Ausprägung wird zum Teil kompensiert durch zusätzliche Flächenansprüche, wie großzügige Eintritts- und Austrittsbereiche, Selektionstore, Separationsbuchten, zusätzliche

Durchgänge für den Umtrieb etc. Anlagen, die mit obligatem freien Kuhverkehr angeordnet sind, beanspruchen weniger Platz als Systeme mit gelenktem Kuhverkehr.

Ein gewisser Vorteil zu Gunsten des AMS könnte darin bestehen, dass im Fressbereich nicht mehr für jedes Tier zwingend ein Fressplatz zur Verfügung stehen muss. Die Verteilung der Melkzeit über einen größeren Zeitraum bewirkt, dass nie die ganze Herde gleichzeitig am Futtertisch steht. Es lassen sich sehr kompakte Baulösungen zum Beispiel auf der Basis von vierreihigen Boxenlaufställen verwirklichen.

Dieser Aspekt kann bei einem Umbau zur Aufnahme einer vergrößerten Herde von besonderer Bedeutung sein.

3.4 Kapazität und Abschreibungssatz beeinflussen die Kosten

Für den Betriebsleiter sind die spezifischen Melkkosten, das heißt die Kosten pro kg ermolkener Milch von Bedeutung. Die besprochenen Kapazitätsunterschiede beeinflussen dieses Ergebnis sehr direkt (Abb. 3).

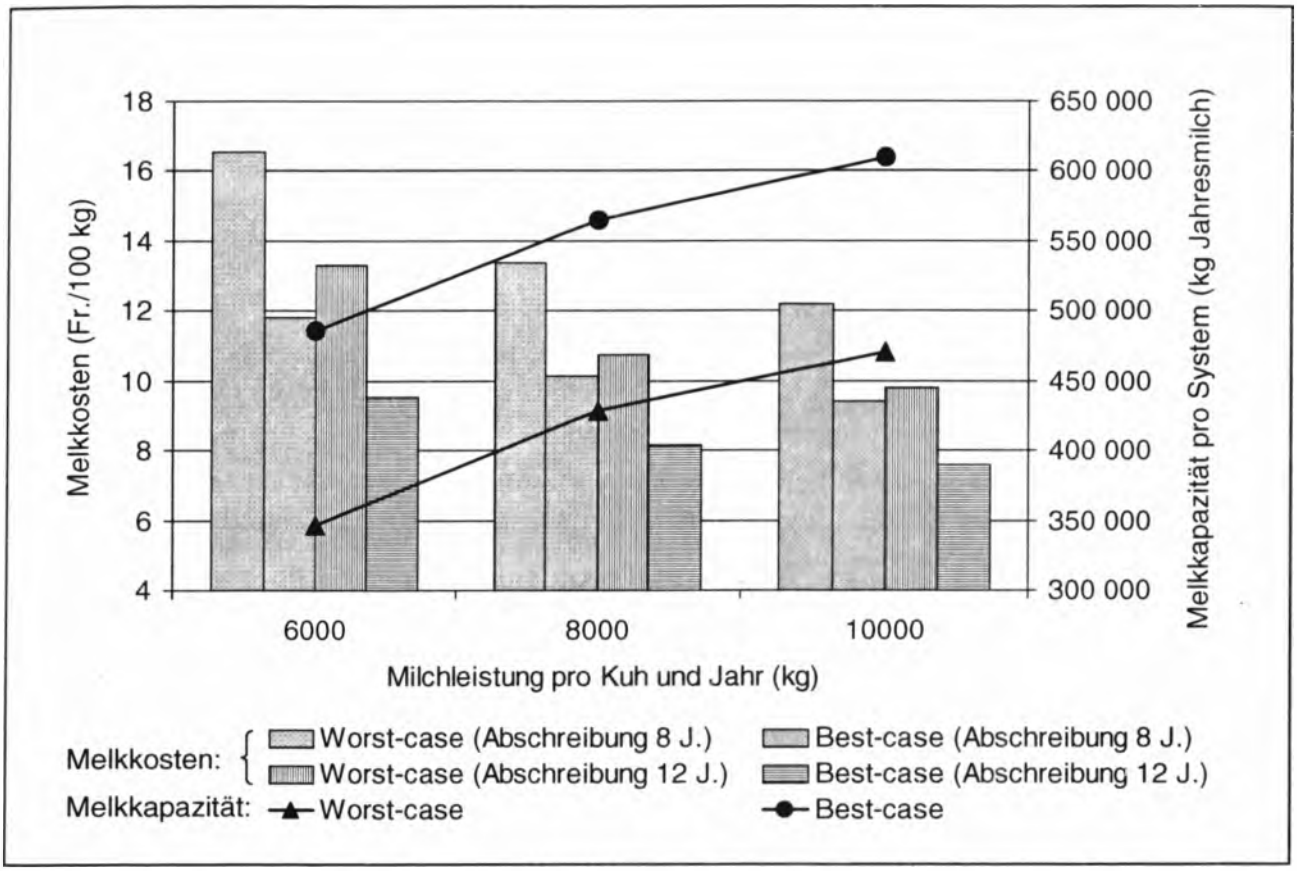


Abb. 3: Melkkosten (ohne Arbeit) in Abhängigkeit von Melksystem, Kapazitäten, Abschreibungsdauer
Influence of the milking system, the system capacities and the depreciation period on milking costs (without labour input).

Beim AMS und acht Abschreibungsjahren rechnet man mit rund 57 000 Franken Jahreskosten, bei 12 mit 46 000 und bei einem Fischgrätenmelkstand mit 22 000 Franken (unter Berücksichtigung gewisser baulicher Mehrkosten im Fütterungsbereich). Die Kosten bewegen sich für einen günstigen Fall (Best-case, 12-jährige Abschreibung, hohe Herdenleistung) bei

Fr. 8.-/100 kg, können aber bei ungünstigen Umständen doppelt so hoch liegen. Bei einem vergleichbaren Melkstand liegen die Melkkosten zwischen Fr. 5.- und 7.-.

Ein direkter wirtschaftlicher Vergleich von AMS und konventionellem System ist mit diesen Zahlen nicht zulässig. Es lässt sich daraus primär die Notwendigkeit hoher Auslastung und dauerhafter Technik ableiten.

Noch nicht in die Kalkulation eingeflossen sind die Arbeitskosten. Wesentlich schwieriger monetär auszudrücken sind zusätzliche Vorteile, wie mehr Flexibilität bei der Arbeitserledigung, der neuen Freizeitmöglichkeiten etc. Von der Arbeitsbelastung her dürfte man außerdem mit einem Melkstand bei rund 450 000 kg Milch pro Jahr an die Limite eines Familienbetriebes stossen.

Ausgewählte Kalkulationsbeispiele zeigen (SCHICK ET AL. 2000), dass sich mit AMS rund 30 % an Arbeitszeit gegenüber herkömmlichen Melksystemen mit Einzel- oder Gruppenmelkständen sparen lässt. Der Arbeitszeitbedarf für das Melken kann mit einem Einboxsystem bei guter Auslastung auf 17 AKh bzw. bei einem Zweiboxsystem auf 12 AKh pro Kuh gesenkt werden. Dies allerdings nur unter der Bedingung, dass man wenig Kühe in die Melkboxen des AMS nachtreiben muss und weniger als 10 % der Kühe in den Melkboxen von Hand anzusetzen sind.

4 Schlussfolgerungen

Ein modular aufgebautes Modellkalkulationssystem bewährt sich neben der Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs für AMS auch zur Kalkulation der Melkkapazität von Einbox-Anlagen.

Ausgewählte Kalkulationsbeispiele zeigen auf, dass hohe Milchleistungen, kurze Systempausen, zuverlässige Ansetztechnik und Vorselektion eine hohe Melkkapazität bewirken. Baukosten lassen sich nicht in größerem Umfang einsparen. Die Bauvorteile liegen eher in der Bevorzugung von gewissen Baulösungen und in der erhöhten Flexibilität im Umbau.

Die Melkkosten sinken wesentlich mit hoher Auslastung und robuster dauerhafter Technik. Auf der Basis dieses Modells lassen sich weitergehende, vertiefte Beurteilungen der Wirtschaftlichkeit des AMS vornehmen.

5 Literatur

SCHICK, M. (2000): Modellierung von Zeitbedarf und Massenfluss am Beispiel verschiedener Melkverfahren. 12. Arbeitswissenschaftliches Seminar Weihenstephan, Tagungsband, Landtechnik-Schrift Nr. 11, S. 61-68

SCHICK, M., M.R. VOLET UND R. KAUFMANN (2000): Modelling of time requirements and milking capacity in automatic milking systems with one or two milking stalls. Proceedings of the international symposium, Lelystad, 17.-19. 8.2000, S. 32-37

Influence of technical capacity and construction on the economic efficiency of the AMS

KAUFMANN, ROBERT; HELMUT AMMANN AND RICHARD HILTY

Swiss Federal Research Station for Agricultural Economics and Engineering (FAT), CH-8356 Tänikon

In the case of conventional milking systems, milking capacity stands in direct correlation to labour input. With automatic milking systems, however, milking capacity is the major limiting factor. The considerable capital input required for the AMS calls for a full utilisation of system capacities in order to assure profitable operation. The present study aims at determining the factors which have an influence on the system as well as their effects on economic efficiency.

A calculation system worked out for the economic comparison of milking systems (SCHICK 2000) was adapted in order to simulate the technical capacity of the AMS with regard to the different influence factors.

Milking system capacity is expressed in kg of milk, i.e. the milk yield within a certain period of time. The following parameters are of major importance: the time the cow spends in the AMS per day, the frequency of the AMS visits, and the duration of system downtimes. Milking capacity depends on milk yield, the time the cow spends in the milking box, attachment reliability, etc.

Model calculations show that under favourable conditions, system capacity can be approx. 70 % higher (annual milk yield: 600,000 kg) than under unfavourable conditions (annual milk yield: 350,000 kg). Major influence factors are herd performance level, the duration of system downtimes, technical reliability and appropriate rotation management as well as technical solutions such as preselection.

Given the high capital requirements, fixed costs such as depreciation account for the major part of total costs. As a consequence, the utilisation rate and the duration of depreciation have a direct influence on specific milking costs (annual costs of milk gained) and economic efficiency. In the most favourable case, milking techniques involve costs of approx. CHF 8.-/100 kg of milk; in the most unfavourable case, these costs amount to CHF 16.-/100 kg of milk. In this respect, a comparable conventional milking parlour proves to be less expensive. In a direct comparison, however, the stress limits of the family farm as well as the higher labour costs have to be taken into account.

The effects of the lower building expenses are of minor importance. Cutting construction costs only proves to be worthwhile if working procedures - be it with regard to labour organisation or with due consideration of rotation management - are not impaired in any manner whatsoever.

Arbeitswirtschaft in Betrieben mit automatischen Melkverfahren und Melkständen

LEHMANN, BERND[1], JELTO HARMS[1], JOCHEN BAUMEISTER[1],
HANS-HEINRICH KOWALEWSKY[2] UND ALFONS FÜBBEKER[2]

[1] Fachgebiet Landtechnik, Fachhochschule Osnabrück, Oldenburger Landstraße 24, 49090 Osnabrück
[2] Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Mars-la-Tour-Straße 1-13, 26121 Oldenburg

1 Einleitung

Seit der Entwicklung der Boxenlaufställe und der Melkstände ist die Einführung automatischer Melksysteme in der Milchviehhaltung die größte technische Veränderung der letzten Jahre. Die arbeitswirtschaftliche Situation in der Milchviehhaltung ist besonders gekennzeichnet durch eine hohe Arbeitsintensität. Zweimal täglich an 365 Tagen im Jahr im Melkstand zu stehen oder generell „zu melken" ist zweifelsohne eine hohe Belastung für den Landwirt oder Melker. Zudem nimmt die Melkarbeit einen Großteil der Gesamtarbeitszeit in der Milchviehhaltung ein. Laut SONCK (1997) beansprucht das Melken 35 bis 50 % des gesamten Arbeitszeitbedarfs in der Milchviehhaltung. Mit dem Betrieb eines automatischen Melksystems ändern sich die Tätigkeitsmerkmale des Landwirts oder Melkers enorm. Dabei entfällt das Melken an sich weitestgehend. Andere Tätigkeiten entstehen, die notwendig sind, um die Herde und die Anlage zusammenzuführen und ein optimales „Laufen" des Systems zu erreichen. Da eine Modellkalkulation für die notwendige Arbeitszeit beim vollautomatischen Melken ausgehend von bisherigen Melkverfahren aufgrund der veränderten Tätigkeitsmerkmale nicht möglich ist, erschien eine detaillierte Erfassung der Arbeitszeit in Betrieben mit einem automatischen Melkverfahren notwendig. Die erfassten Momentaufnahmen wurden so korrigiert, dass sie dem Mittel aller Betriebe tatsächlich näher kommen. Auf dieser Basis wurde ferner eine Abschätzung vorgenommen, wie groß die Einsparungen an Arbeitszeit gegenüber konventionellen Melkstandsystemen sein können.

2 Material und Methode

2.1 Arbeitszeitmessung

Die methodische Vorgehensweise bei der Arbeitszeiterfassung und -auswertung wurde an Vorschläge von AUERNHAMMER (1986) angelehnt. Die Gesamtarbeit „Melken mit automatischem Melkverfahren" wurde in fünf Arbeitsvorgänge mit entsprechenden Arbeitsteilvorgängen aufgegliedert. Abbildung 1 zeigt die zugrundeliegende Systematik.

Da für die Erstellung von Planzeiten eigentlich eine Aufteilung der Gesamtarbeit bis zu Arbeitselementen notwendig ist (AUERNHAMMER 1986), bleiben die Ergebnisse aus den angestellten „Modellkalkulationen" mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dem Ziel Betriebskontrolle und Betriebsvergleich genügen sie jedoch.

Die Arbeitszeit wurde nach dem Fortschrittszeitmessverfahren mit einer Stoppuhr erfasst. Insgesamt entstand an 12 Messtagen ein Datenumfang von 600 Datensätzen. Diese wurden

entsprechend ihrer systematischen Einordnung codiert und mit einer Tabellenkalkulationssoftware (Excel) ausgewertet.

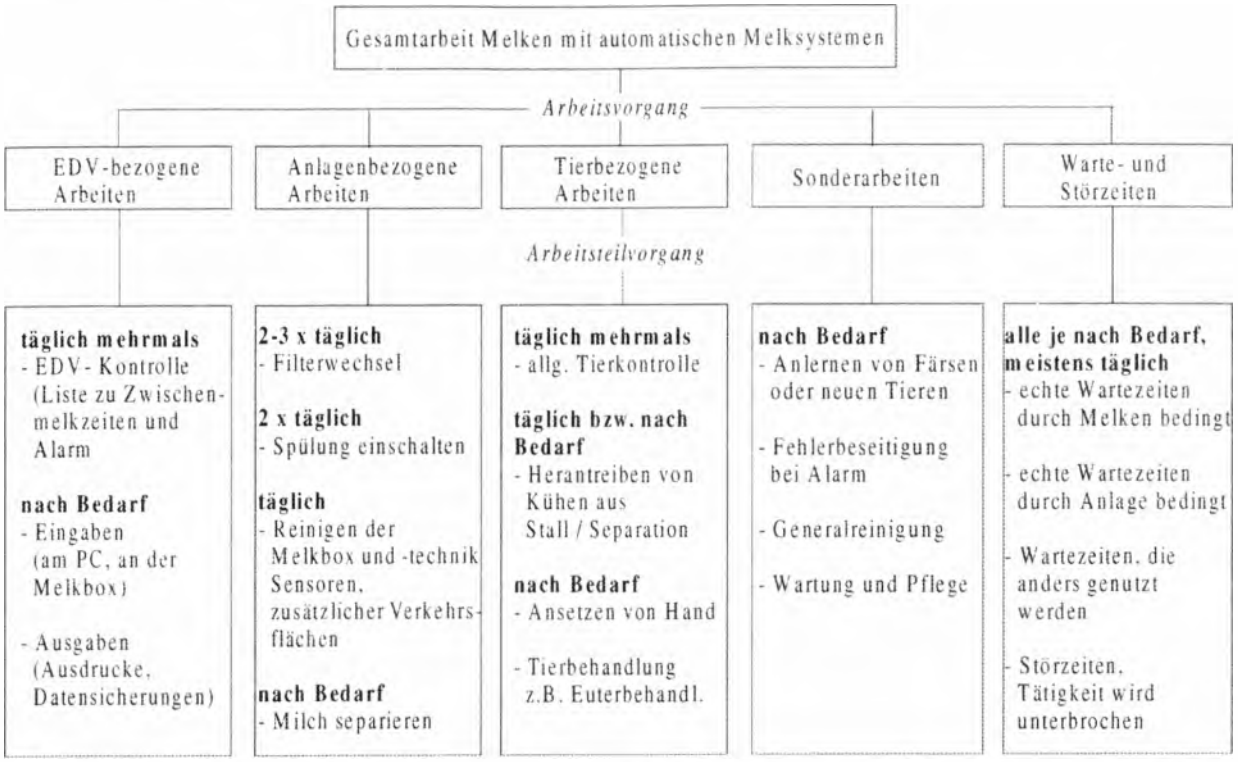


Abb. 1: Übersicht zur Aufteilung der gesamten Melkarbeit bei Nutzung eines automatischen Melkverfahrens
Organisation of milking labour using an automatic milking system

2.2 Untersuchungsmaterial

Die Arbeitszeitmessungen wurden auf vier Betrieben an jeweils drei Messtagen durchgeführt. Die Betriebsauswahl erfolgte gemeinsam mit dem Referat Landtechnik der Landwirtschaftskammer Weser-Ems. Ein wichtiges Auswahlkriterium war das Vorliegen einer gewissen Arbeitsroutine im Umgang mit dem automatischen Melkverfahren. Tabelle 1 fasst die wichtigsten Rahmenbedingungen zusammen.

Tab. 1: Übersicht zu den untersuchten Betrieben mit automatischem Melkverfahren
Investigated dairy farms with automatic milking systems

automatisches Melkverfahren	Mehrboxenanlage (Prolion)		Einboxenanlage (Lely)	
Betrieb	A	B	C	D
Milchleistung [l/Kuh u. Jahr]	7500	9500	7300	7800
Anzahl Kühe, gemolken	45	75	48	43
Anzahl Melkboxen	2	3	1	1
Liegeboxenreihen	4	2	4	3
Kuhverkehr	gesteuert	gesteuert	frei	frei
Vorseparation	mit	mit	ohne	ohne
Separationsraum	mit	mit	ohne	ohne

3 Ergebnisse

Als wichtigste Ergebnisse der Arbeitszeitmessungen soll nachfolgend der Vergleich der Betriebe und der unterschiedlichen Systeme dargestellt werden. Anschließend folgt eine Analyse der Arbeitsteilvorgänge und eine Korrektur der betriebsspezifischen Besonderheiten zur Verbesserung der Aussagefähigkeit. Abschließend werden verschiedene Ansätze für eine Einordnung der Ergebnisse im Vergleich mit konventionellen Melksystemen dargestellt.

3.1 Vergleich der Betriebe und Systeme

Für einen horizontalen Vergleich der Betriebe sind die Messergebnisse in APmin/Kuh und Tag umgerechnet. Abbildung 2 gibt einen Überblick zum Arbeitszeitaufwand für das Melken an den einzelnen Messtagen auf den vier Betrieben.

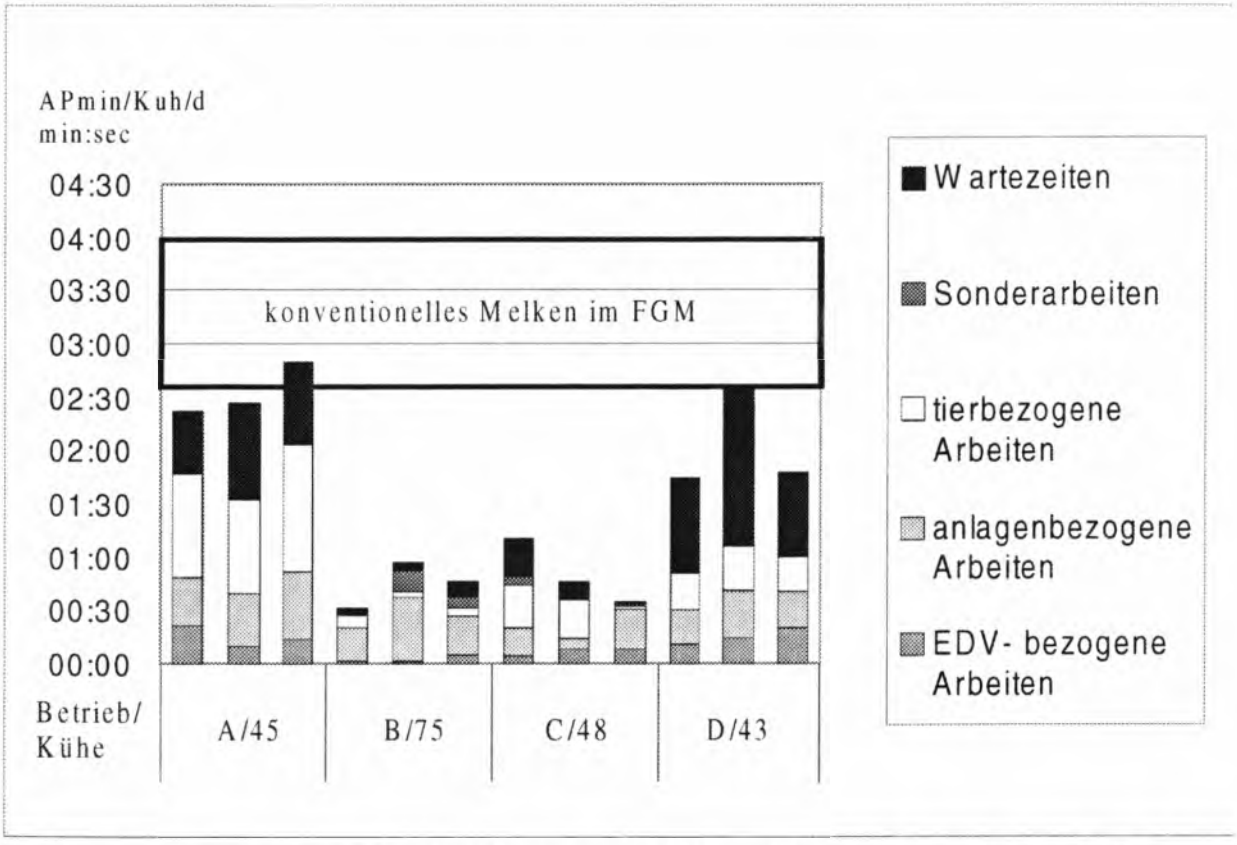


Abb. 2: Arbeitszeitaufwand für das Melken mit AMS pro Kuh und Tag (APmin/Kuh/d)
Labour requirements per cow and day using automatic milking

Der tatsächlich erfasste Arbeitszeitaufwand reicht dabei von einer halben Minute pro Kuh und Tag bis zu über 2,5 APmin/Kuh und Tag. Die Systeme der unterschiedlichen Anbieter (Mehrboxen-/Einboxensystem) weisen dabei eine ähnliche Spannweite auf.

Als relativ konstanter Sockel im Gesamtarbeitszeitaufwand erscheinen die anlagenbezogenen Arbeiten (0,3 bis 0,5 APmin/Kuh und Tag). Die anlagenbezogenen Arbeiten bestehen zu 43 % aus Reinigungsarbeiten für die Melktechnik und zu 40 % aus Reinigungsarbeiten für die Laufflächen. Die Arbeitsvorgänge EDV-bezogene Arbeiten, tierbezogene Arbeiten und Wartezeiten stehen in einer engen gegenseitigen Abhängigkeit. Dies bedeutet, dass ein hoher Zeitaufwand für „Herantreiben einzelner Kühe" (Betrieb A) oder eine notwendige intensive

Einzeltierbetreuung (Betrieb D) dazu führt, dass EDV-Listen häufiger kontrolliert werden müssen und u.U. Wartezeiten entstehen während des Melkens und der „manuellen" Unterstützung des Melkablaufs. Die verschiedenen Aufteilungen des gesamten Arbeitszeitaufwandes spiegeln dies deutlich wider.

3.2 Korrigierter Arbeitszeitbedarf

Um allgemeingültigere Aussagen über den Arbeitszeitaufwand für das Melken mit einem automatischen Melkverfahren treffen zu können, wurden die betriebsspezifischen Besonderheiten korrigiert. Für die Häufigkeit einzelner Arbeitsteilvorgänge wurde ein optimierter Funktionsablauf unterstellt (Abb. 1). Die notwendigen Sonderarbeiten wurden nach Angaben der Betriebsleiter ergänzt. Gänzlich unberücksichtigt blieben in der Betrachtung die notwendigen Wegezeiten zwischen Wohnhaus und Stall. Für die vier Betriebssituationen ergab sich nach der Korrektur ein kalkulierter Arbeitszeitbedarf von 0,9 AKmin/Kuh und Tag (Betrieb B, 75 Kühe).bis zu 1,2 AKmin/Kuh und Tag (Betrieb D, 43 Kühe). Je Kuh nimmt der tägliche Arbeitszeitaufwand mit steigender Tierzahl tendenziell ab. In der Abbildung 3 ist der Ist-Soll-Vergleich dargestellt.

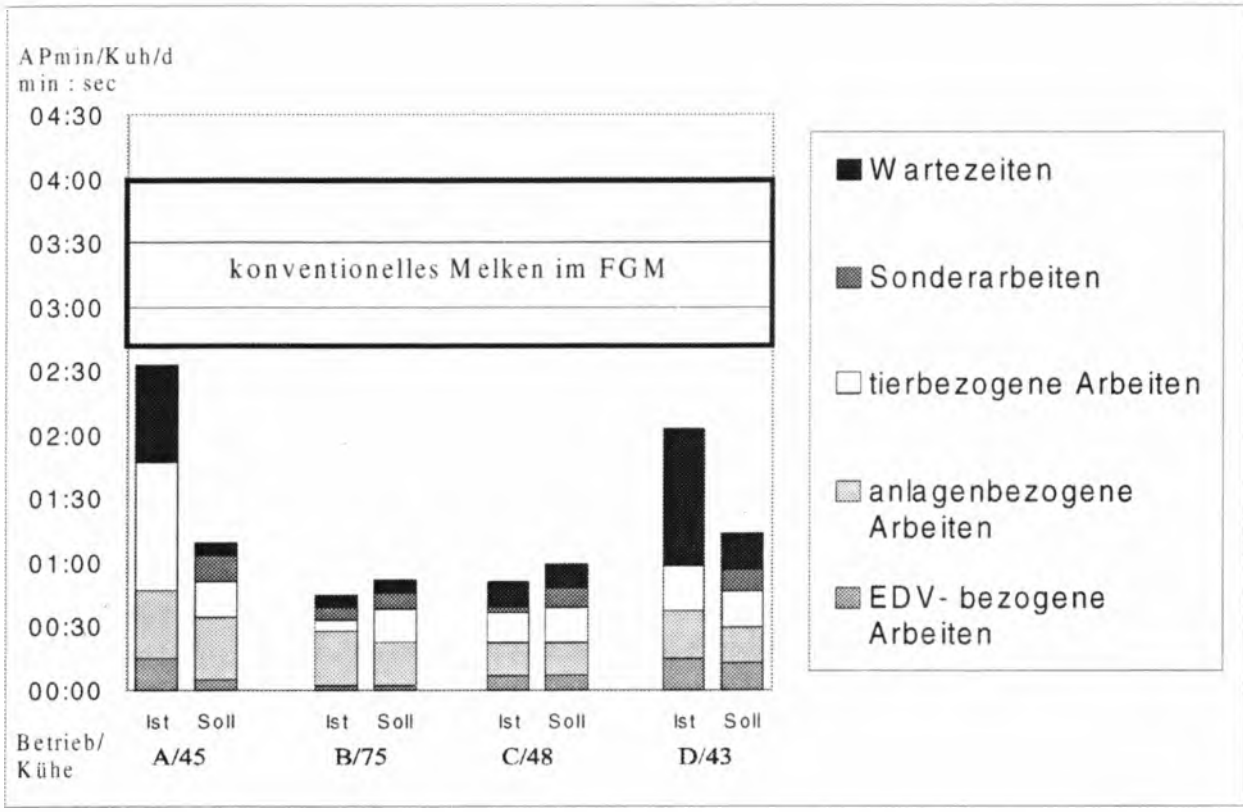


Abb. 3: Ist-Soll-Vergleich des durchschnittlichen Arbeitszeitbedarfes für die Gesamtarbeit Melken mit automatischen Melksystemen (APmin bzw. AKmin/Kuh und Tag)
Comparison of measured and calculated labour requirements for milking labour using automatic milking systems

Beim Vergleich der Soll-Zeiten werden systembedingte Unterschiede der Mehr- (Betrieb A und B) und Einboxensysteme (Betrieb C und D) deutlich. Diese liegen in erster Linie in den anlagenbezogenen Arbeiten. Die Begründung liegt im höheren Reinigungsaufwand der

Flächen vor dem Melkautomaten bei Mehrboxensystemen (23 AKmin/Tag gegenüber 12 AKmin/Tag). Eine gewisse Systemabhängigkeit ist mit umgekehrter Wirkung bei den durchschnittlichen Wartezeiten zu erkennen. Die Mehrboxensysteme haben eine durchschnittliche Wartezeit von 5 AKmin/Tag, die Einboxensysteme hingegen 9,5 AKmin/Tag. Die Ursache für diesen Unterschied liegt in der notwendigen längeren Wartezeit bei auftretender Einzeltierbetreuung (z.B. Ansetzen von Hand oder Einzeltierbehandlung). Mehrboxensysteme gestatten hier einen zügigeren Arbeitsablauf.

3.3 Einordnung im Vergleich mit konventionellen Melksystemen

Grundlage für die Beurteilung automatischer Melksysteme bildet der Vergleich mit bisherigen Melksystemen (konventionelle Melktechnik). Es sollen hierfür zwei Betrachtungsweisen dargelegt werden: der Vergleich mit Arbeitszeitbedarfswerten bzw. -messwerten aus der Praxis für konventionelle Melktechnik nach Literaturangaben und der Vergleich mit dem kalkulierten Arbeitszeitbedarf bei Einsatz eines Fischgrätenmelkstandes (FGM) mit unterschiedlicher Teilautomatisierung.

Der Arbeitszeitaufwand für Melkstandmelken beläuft sich nach SCHLEITZER (1998), HEIDENREICH (1995) und WORSTORFF (1994) auf 2,6 bis 4 AKmin/Kuh und Tag. Im Durchschnitt dieser Literaturangaben errechnen sich 3,4 AKmin/Kuh und Tag. Diesem Wert stehen im Durchschnitt der vier untersuchten Betriebe 1,1 AKmin/Kuh und Tag gegenüber, so dass sich eine Einsparung an Arbeitszeit von 69 % ergibt. Bei der zweiten Vergleichsvariante wird für jeden eigens untersuchten Betrieb ein Fischgrätenmelkstand (FGM) angenommen. Je nach unterstellter Ausstattung des FGM wurde der Arbeitszeitbedarf in Anlehnung an WORSTORFF (1994) kalkuliert. Es ergibt sich eine Bandbreite von 38 % bis 79 % möglicher Arbeitszeiteinsparung bei Einsatz eines vollautomatischen Melksystems. Die durchschnittliche Einsparung liegt bei dieser Betrachtung bei 58 %.

Aufbauend auf das mögliche Potential an Arbeitszeiteinsparung lassen sich die Unterschiede in den jährlichen Arbeitskosten errechnen. Geht man von einem Lohnansatz von 20 DM/AKh aus, ergeben sich Arbeitskosten von 6424 DM/Jahr (Betrieb D) bis zu 7755 DM/Jahr (Betrieb B) (6675 DM/Jahr im Durchschnitt) für das Melken mit automatischen Systemen. Die Arbeitskosteneinsparung des vollautomatischen Melkens gegenüber den verschiedenen Melkstandversionen kann dann zwischen 5915 DM/Jahr bei gut ausgestatteten Melkständen und 18695 DM/Jahr bei geringer Ausstattung des konventionellen Melkstandes liegen. Diese Kosteneinsparungen sind in einer Rentabilitätsberechnung positiv zu werten, bedürfen aber einer Gegenüberstellung mit den zweifelsohne höheren Investitionskosten.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Einführung vollautomatischer Melksysteme in die Milchviehhaltung hat in der jüngsten Zeit eine Reihe an Fragen aufgeworfen. Die mögliche Einsparung und Flexibilisierung der Arbeitszeit sind dabei Kernfragen für die Milchviehhalter. Die auf vier Betrieben gemessene Spannweite des Gesamtarbeitszeitaufwandes für das Melken mit automatischen Melksystemen von 4,55 bis zu 15,41 APh/Kuh und Jahr deckt sich mit den entsprechenden Werten weiterer Untersuchungen von LIEBLER (1999), BOHLSEN UND ARTMANN (1999) und SONCK (1994, 1997). Ein Vergleich einzelner Arbeitsvorgänge bzw. Arbeitsteilvorgänge mit Literaturangaben ist leider nicht möglich, da bisher eine einheitliche Aufteilung der Gesamtarbeit „Melken mit automatischen Melksystemen“ fehlt.

Wesentlich bestimmend für einen geringen Gesamtarbeitszeitbedarf wirken ein reibungsloser Tierverkehr (wenig Tiere, die „manuell" an das Melksystem herangeführt werden müssen) und eine geringe Zahl von Tieren die einer aufwendigen Einzelbehandlung unterzogen werden müssen. Ansatzpunkte für eine Verbesserung der Melksysteme in arbeitswirtschaftlicher Hinsicht bieten zudem im Bereich der EDV-bezogenen Arbeiten übersichtliche Kontrolllisten und eine rationelle Gestaltung der Reinigungsmöglichkeiten für die Laufflächen in unmittelbarer Nähe der Melkeinheiten.

Zur Analyse weiterer Einflussfaktoren auf den Gesamtarbeitszeitbedarf für das Melken mit automatischen Melksystemen wäre die Abstimmung einer einheitlichen Aufteilung in Arbeitsvorgänge und Arbeitsteilvorgänge bis hin zu Arbeitselementen wünschenswert, so dass auf einer breiten Datenbasis zukünftig Modellkalkulationen vorgenommen werden könnten. Auf der anderen Seite muss der Ansatz der arbeitswirtschaftlichen Betrachtung bei automatischen Melksystemen - Verknüpfung von Managementtätigkeiten und Melkarbeiten - auch für konventionelle Melkverfahren angewendet werden, denn nur so ist eine wirkliche Vergleichbarkeit und Beurteilung der arbeitswirtschaftlichen Auswirkungen möglich. Die Fachhochschule Osnabrück und die Landwirtschaftskammer Weser-Ems führen daher mit dieser Zielsetzung zur Zeit auf mehreren Milchviehbetrieben mit verschiedenen konventionellen Melkstandsystemen Arbeitszeitstudien durch.

5 Literatur

Auf Anfrage beim Autor erhältlich.

Labour requirements for milking on dairy farms using automatic milking systems

LEHMANN, BERND[1]; JELTO HARMS[1], JOCHEN BAUMEISTER[1],
HANS-HEINRICH KOWALEWSKY[2] AND ALFONS FÜBBEKER[2]

[1] Fachgebiet Landtechnik, Fachhochschule Osnabrück, Oldenburger Landstraße 24, D-49090 Osnabrück
[2] Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Mars-la-Tour-Straße 1-13, D-26121 Oldenburg

The use of automatic milking systems is changing work situation on dairy farms. Job evaluation and investigations on necessary input of labour have to focus on work required by electronic data processing, robotic installation, animals, special situations like maintenance and loss of efficiency caused by technical problems for instance. Using this schedule for labour requirements investigations on four dairy farms were carried out (2 Prolion systems, 2 Lely systems). Under practical conditions 4.55 h/cow/year to 15.41 h/cow/year were measured. Results were mainly influenced by cow traffic and individual cow treatment (animal management). Calculations based on an ideal management resulted in 5.17 h/cow/year up to 7.47 h/cow/year. Saving of labour using automatic milking systems compared to herringbone milking parlours reaches 39 - 79 %.

Modellierung von Arbeitszeitbedarf und Massenfluss am Beispiel verschiedener Melkverfahren

SCHICK, MATTHIAS

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

1 Einleitung

Die exakte Modellierung landwirtschaftlicher Arbeitsabläufe bildet eine wesentliche Grundlage für die Verwendung arbeitswirtschaftlicher Daten in Arbeitsvoranschlägen oder bei Betriebsplanungen. Bei der Erfassung der dazugehörigen notwendigen Einflussgrößen wird zwangsläufig auch der Massenfluss genau bestimmt.

2 Material und Methode

Ziel des FAT-Projektes „Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen" ist die Bereitstellung von Planzeiten für die Innen- und Außenwirtschaft. In der vorliegenden Untersuchung ist die Vorgehensweise am Beispiel verschiedener Melkverfahren für Milchkühe im Laufstall dargestellt.

2.1 Von der Datenerfassung zum Modell

Die für das genannte Beispiel benötigten Zeitmessungen erfolgten alle als direkte Arbeitsbeobachtung mit Einzelzeitmessungen auf der Elementstufe mittels Hand-Held-PC und Zeiterfassungssoftware. Die beiden wesentlichen Einflussgrößen „Weglänge" und „Masse" wurden während der Zeiterfassung bestimmt. Alle anderen Einflussgrößen (z.B. Anzahl Läger, Lägerbreite, Stalllänge, Futtertischbreite usw.) konnten vor oder nach den Zeitmessungen erfasst werden. Die Untersuchungen erfolgten auf sechs Betrieben mit Eimer- oder Rohrmelkanlagen sowie 16 Betrieben mit Laufställen nach einem vorherigen Betriebsbesuch in mindestens dreifacher Wiederholung (SCHICK 2000).

Die Ablage des aufbereiteten und ausgewerteten Datenmaterials erfolgt in einer Datenbanktabelle als Planzeitwerte und -funktionen in Form von Arbeitselementen. Beide Formen von Planzeiten werden mit eindeutigen Anfangs- und Endpunkten, Inhalten und einem definierten Gültigkeitsbereich abgelegt. Eine Über- oder Unterschreitung des Gültigkeitsbereiches ist zwar möglich, wird aber mit einer Warnmeldung dokumentiert. Die Planzeitenerstellung auf der Ebene von Arbeitsteilvorgang und Arbeitsvorgang bis hin zum Gesamtbetrieb erfolgt mit verschiedenen Modulen des an der FAT entwickelten Modellkalkulationssystems PROOF (SCHICK 2000). Mit diesem ist es möglich, sowohl den Arbeitszeitbedarf und Massenumschläge als auch die Melkleistung für die verschiedensten Melkverfahren zu kalkulieren. Da der Arbeitszeitbedarf immer abhängig von veränderlichen Einflussgrößen (Wegstrecken, Melkstandgröße, Anzahl Melkeinheiten, Anzahl zu melkender Kühe usw.) ist, sind sämtliche Einflussgrößen im Modell als Variablen eingesetzt und je nach Bedarf innerhalb der oberen und unteren Schranken veränderbar.

2.2 Vom Modell zum Kalkulationssystem

Das Modellkalkulationssystem ist modular aufgebaut und besteht aus den Modulen „Planzeitendatenbank", „Variablen- und Hilfsvariablenliste" sowie dem „Ausgabebereich". Für jedes interessierende Melkverfahren wird ein eigener Auszug aus der Planzeitendatenbank erstellt. In diesem Datenbankauszug werden zunächst die einzelnen Arbeitsverfahren ausgewählt. Anschließend daran ist aus der Datenbanktabelle das Arbeitsablaufmodell zu definieren (Abb. 1).

TRMM300	Laufstall Fischgrätenmelkstand		
TRMM301	Gehen zum Stall	m	1,7
TRMM302	Tür öffnen	Vorgang	10
TRMM304	Licht einschalten	Vorgang	5
TRMM307	Melkstand betreten	Vorgang	5
TRMM308	Melkstand verlassen	Vorgang	8
TRMM309	Kühe in Warteraum treiben	Tier	20
TRMM310	Absperrgitter schliessen	Vorgang	20
TRMM312	Milchtank vorbereiten	Vorgang	50
TRMM313	Melkerkappe anlegen/ablegen	Vorgang	10
TRMM314	Dippbecher vorbereiten/wegstellen	Vorgang	50
TRMM315	Euterreinigungsholzwolle vorbereiten	Vorgang	25
TRMM316	Euterreinigungseinwegpapier vorbereiten	Vorgang	20
TRMM317	ME vorbereiten	Vorgang	50
TRMM318	Milchfilter einlegen	Vorgang	30
TRMM324	Vakuumpumpe einschalten/ausschalten	Vorgang	5
TRMM325	Melkstandeingang öffnen	Vorgang	10
TRMM328	5 Kühe in Melkstand einlassen	Vorgang	85
TRMM329	6 Kühe in Melkstand einlassen	Vorgang	90
TRMM332	Melkstandeingang verschliessen	Vorgang	15
TRMM333	Vormelken	Vorgang	10
TRMM334	Euterreinigung trocken	Vorgang	20
TRMM335	Euterreinigung nass	Vorgang	40
TRMM336	Anrüsten	Vorgang	25

Abb. 1: Das Arbeitsablaufmodell „Melken im Fischgrätenmelkstand"
The work process model „milking in a herringbone milking parlour"

Bestehen Unklarheiten über den genauen Arbeitsablauf, können auch verschiedene Arbeitsabläufe gemeinsam ausgewählt und mit einem Optionsschalter versehen werden. Dies kann am Beispiel von Melkhilfen im Melkstand verdeutlicht werden: Besteht Unklarheit über den Einsatz oder das Vorhandensein von Melkhilfen (z.B. Abnahmeautomatik, Servicearm), so können die verschiedenen Melkhilfen wahlweise berücksichtigt werden. Nach der Definition des Arbeitsablaufmodells wird die Liste der Variablen und Hilfsvariablen generiert und mit dem Ablaufmodell verknüpft. Diese Liste steht in einer Datenbanktabelle für jedes interessierende Melkverfahren zur Auswahl, kann allerdings auch manuell erstellt bzw. erweitert werden (Abb. 2). Im Anschluss an die Verknüpfung mit der Variablen- und Hilfsvariablenliste erfolgt die Generierung des Ausgabebereiches. Dies in Form von Ergebnistabellen und/oder -grafiken. Gleichzeitig wird ein Informationsbereich angelegt, in dem wesentliche Informationen zum aktuellen Arbeitsverfahren beschrieben sind. Zum Beispiel erfolgt hier ein Hinweis auf mögliches Blindmelken, wenn bestimmte Bedingungen zutreffen (hoher Milchfluss, viele Melkeinheiten pro Arbeitskraft, keine Abschalt- oder Abnahmeautomatik). Im Ausgabebereich werden sowohl Arbeitszeitbedarf als auch Massenumschlag je Kuh und Tag in AKmin bzw. in kg tabellarisch in Abhängigkeit frei wählbarer Bestandesgrößen dargestellt. Zusätzlich

wird der Arbeitszeitbedarf je Kuh und Jahr in AKh grafisch dargestellt. Sämtliche Daten stehen hier zur weiteren Verarbeitung in frei wählbaren Formaten zur Verfügung.

Melken im Fischgrätenmelkstand		**Typ 2 x 5**	
13.11.2000 00:00	**Konstant**		
Liste der Variablen und Hilfsvariablen (n = 30)			
Zeit für Maschinenhauptgemelk (Min)	Anz. Kühe	**50**	**n**
5,56	Einseitig (1) Zweiseitig (2)	**2**	**n**
Kannen(1) oder Tank(2)	Anzahl Plätze im Melkstand	**10**	**n**
2	Anz. ME	**10**	**n**
Wegstrecke/Kuh (m)	Weg Milchküche - Melkstand	**10**	**m**
10,9	Breite Melkstand	**1,2**	**m**
Automatische ME-Endabschaltung ja(1), nein(2)	Länge Melkstand	**13,6**	**m**
1	Häufigkeit MS verlassen	**6**	**n**
Automatische ME-Abnahme ja(1), nein(2)	MMG	**1,8**	**kg**
1	Milchmenge/Kuh	**10**	**kg**
ME mit Elektronik ja(1), nein(2)	Melkhäufigkeit/Tag	**2**	**n**
1	Anzahl Melkgruppen (MG)	**10,0**	**n**
ME mit Servicearm ja(1), nein(2)	Wartezeit beim Melken/MG	**0,00**	**Min**
1	Schlauchhalter j(1) n(2)	**2**	**j/n**
Anrüsten automatisch (1) oder manuell (2)	Kanne/Eimer ausleeren	**3**	**n**
2	Kannen MS(1) oder MK(2)	**2**	
Milchtank: Entleerung täglich (1) oder alle zwei Tage (2)	Anz. Kannen	**0**	**n**
2	Entfernung Sammelstelle	**1500**	**m**
Milchtank: Reinigung automatisch (1) oder von Hand (2)	PW (1), TRA (2), FUSS (3)	**3**	**n**
1	Mit (1) Ohne (2) Transport	**2**	**n**

Abb. 2: Variablen und Hilfsvairablen
List of variables and auxiliary variables

2 Ergebnisse

2.1 Arbeitszeitbedarf

Die Arbeitsabläufe beim Melken setzen sich zusammen aus *Routinezeiten*, *Rüst-* und *Reinigungszeiten*, *Wegzeiten* sowie allenfalls anfallenden *Wartezeiten*. Der summierte Arbeitszeitbedarf für diese Arbeitsabläufe ergibt den Gesamtarbeitszeitbedarf für das Melken von Milchkühen. Der Fischgrätenmelkstand gehört zu den am weitesten verbreiteten Melkverfahren auf schweizerischen Betrieben mit Laufstallhaltung und ist dementsprechend in sehr vielen möglichen Ausstattungen anzutreffen. In Abbildung 3 wird der Zeitbedarf für dieses Melkverfahren in Abhängigkeit von Melkstand- und Bestandesgröße dargestellt. Es wird eine große Spannweite von mehr als 12 bis hin zu 3 AKmin je Kuh und Tag ersichtlich. Der hohe Zeitbedarf bei den kleinen und einseitigen Melkstandtypen lässt sich im Wesentlichen durch die anfallenden Wartezeitanteile erklären, die dort auftreten. So beträgt z.B. bei einem Maschinenhauptgemelk (MHG) von durchschnittlich 5,6 Minuten der Wartezeitenanteil je Melkgruppe im 1x4-Fischgräten- oder auch Side-by-Side-Melkstand ca. 4,8 AKmin. In einem gleich ausgestatteten 2x4-Fischgrätenmelkstand beträgt die Wartezeit je Melkgruppe hingegen nur 0,12 AKmin. Dies bedeutet, dass die Melkperson hier nahezu ausgelastetet ist.

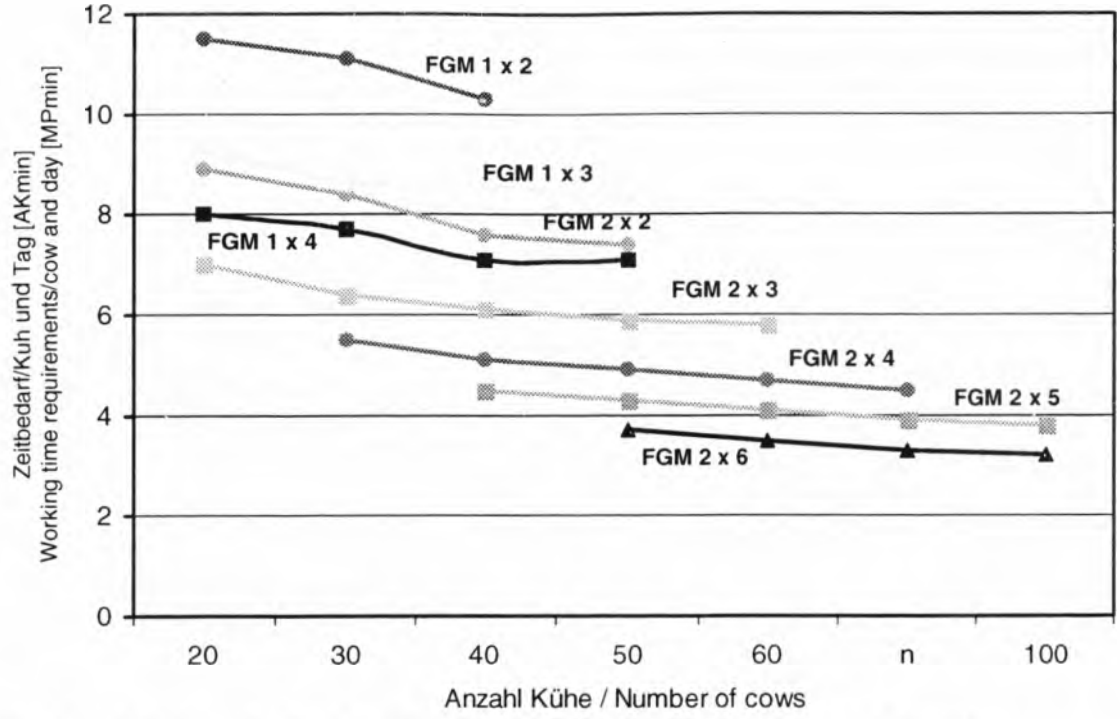


Abb. 3: Arbeitszeitbedarf für das Melken im Fischgrätenmelkstand (FGM)
Working time requirements for milking in a herringbone milking parlour (FGM)

Aus arbeitswirtschaftlicher Sicht sind daher bei einseitigen Melkverfahren Einzelmelkstände vorzuziehen, da hier die Wartezeiten auf ein Minimum zu reduzieren sind.

Werden von einer Melkperson zu viele Melkeinheiten (ME) bedient, kommt es nicht mehr zu Warte-, sondern zu Blindmelkzeiten. Hier ist nur über verbesserte technische Ausstattung (Nachmelk-, Abschalt- bzw. Abnahmeautomaten) Abhilfe zu schaffen.

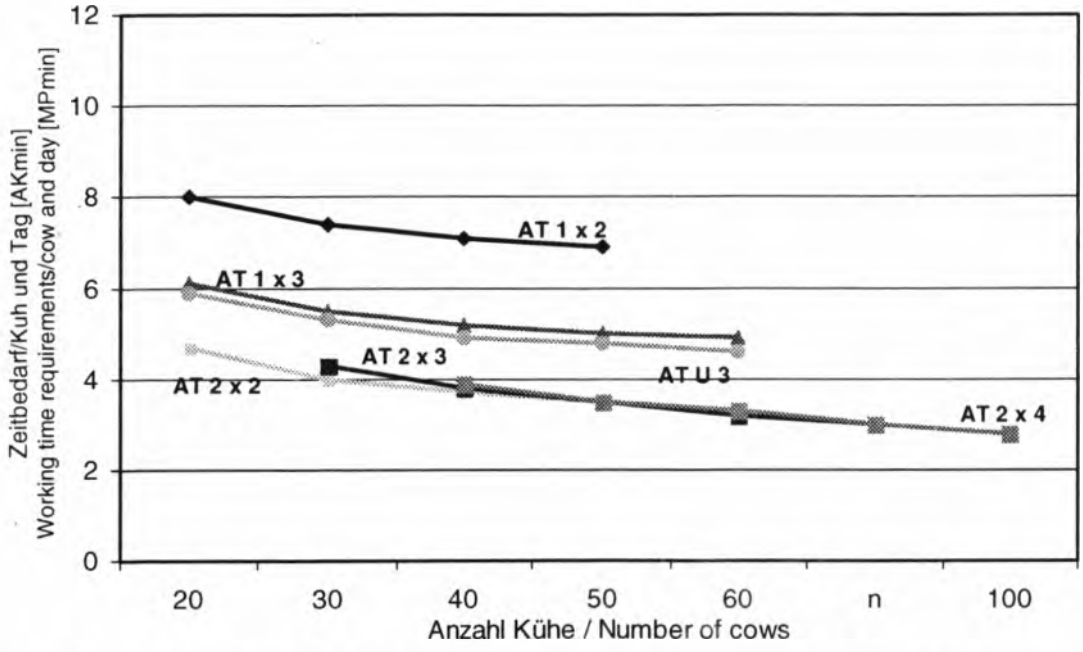


Abb. 4: Arbeitszeitbedarf für das Melken im Autotamdemmelkstand (AT)
Working time requirements for milking in auto-tandem milking parlour (AT)

In Einzelmelkständen kann der notwendige Arbeitszeitbedarf schon bei kleineren Melkstandtypen auf ein geringes Maß reduziert werden. Durch den Einsatz von Autotandemmelkständen sind bei 4 ME schon weniger als 4 AKmin je Tier und Tag möglich (Abb. 4). Bei großen zweiseitigen Autotandemmelkständen mit 8 ME sind noch weniger als 3 AKmin je Tier und Tag aufzuwenden.

3.1 Massenumschlag

Die von Hand zu bewegenden Massen beim Melken in Melkständen werden häufig unterschätzt. Durch die täglich mehrmalige Handhabung der Melkeinheiten bei Melk- und Reinigungsvorgängen fallen aber Massenflüsse an, die zu berücksichtigen sind. Abbildung 5 zeigt den von Hand zu bewegenden Massenumschlag in verschiedenen typischen Fischgrätenmelkständen (FGM).

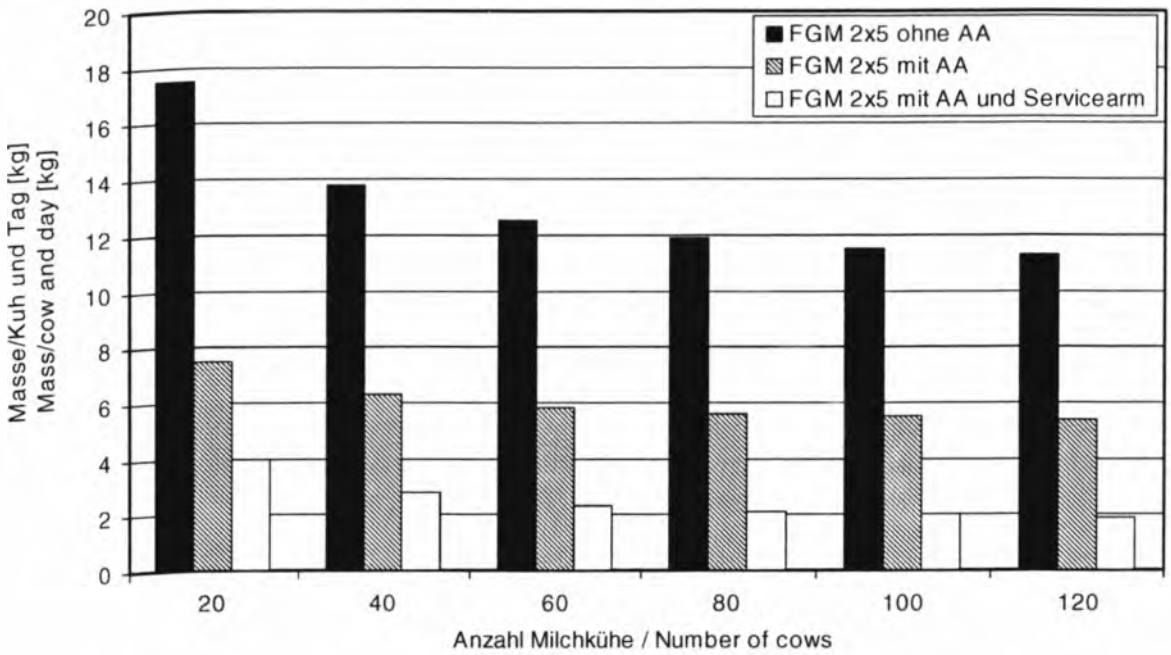


Abb. 5: Massenumschlag in einem Fischgrätenmelkstand ohne und mit Abnahmeautomaten (AA) bzw. Servicearm
Mass flow in a herringbone milking parlour without and with cluster removing automats (AA) and swivel arm

Ohne technische Arbeitshilfen sind im 2x5er-FGM immer zwischen 14 und 11 kg je Kuh und Tag von Hand zu bewegen. Bei zu melkenden 60 Kühen sind das immerhin täglich 750 kg pro Bestand bzw. jährlich 270 t, die händisch bewegt werden müssen. Hinzu kommt, dass die Körperhaltung bei der Handhabung der ME zwar aufrecht ist, die Last aber meist nicht körpernah gehoben wird. Wird als technische Arbeitshilfe eine Abnahmeautomatik eingesetzt, so kann der Anteil von Hand bewegter Massen schon auf die Hälfte reduziert werden. Es sind aber immerhin noch fast 350 kg je Bestand und Tag zu heben. Ungünstige Körperhaltungen sind jetzt nur noch beim Ansetzen der ME in Kauf zu nehmen. Durch den Einsatz eines Servicearmes sind noch weitere Reduktionsmöglichkeiten gegeben. Bei 60 Kühen können die händisch bewegten Massen auf ca. 2 kg je Kuh und Tag reduziert werden. Zudem kann die Körperhaltung beim Ansetzen auch noch als verbessert angesehen werden, da die gesamte Masse der ME durch den Servicearm getragen wird.

4 Schlussfolgerungen

Melkverfahren in Melkständen weisen jeweils für sich Vor- und Nachteile auf. Mit zunehmendem Automatisierungsgrad vermindern sich der Zeitbedarf und auch die Arbeitsbelastung, die Anforderungen an die Arbeitspersonen nehmen aber zu. Der Einsatz einfacher Modellkalkulationssysteme lässt Vergleiche innerhalb und zwischen verschiedenen Melkverfahren unter sonst gleichen Bedingungen zu. Verknüpfungen zu Arbeitsvoranschlägen sind über definierte Schnittstellen leicht möglich. Die Nutzung von PROOF über das Internet ist möglich, so dass auch die Datenpflege und Erweiterungen sehr rationell erfolgen können.

5 Literatur

SCHICK, M. (2000): Arbeitszeitbedarf verschiedener Melkverfahren. FAT-Berichte Nr. 544, FA Tänikon

Modelling of time requirements and mass flow for different milking systems

SCHICK, MATTHIAS

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

The aim of the FAT project „Reference data for agricultual working procedures in the field of labour organization" consists in working out assessment criteria and planning bases for different milking systems. A new modular calculation system has proven to be useful for the determination of working time requirements as well as for the definition of the mass flow. The model calculation system PROOF is composed of the modules „task time database", „list of variables and auxiliary variables" and „output area". An extract of the task time database is generated for each milking system. In a first step, individual working processes are selected from this database extract. Then the model of the work process is defined on the basis of the existing database sheet. After having linked the process model to the list of variables and auxiliary variables, the output is generated in form of result tables and/or graphics for working times as well as for the mass flow.

In herringbone milking systems for example, time requirements can be reduced from approximately near 12 MPmin per cow and day to less than 4 MPmin per cow and day by using more milking clusters and cluster removing automats. The mass flow in milking systems can be reduced further by using cluster removing automats and also by automatic removers with swivel arm.

Bewertung der Melkarbeit mit Hilfe des LactoCorders bei einhergehender zytobakteriologischer Analyse der Milch

RITTERSHAUS, CHRISTIANE[1], HERMANN SEUFERT[1] UND WILFRIED WOLTER[2]

[1] Institut für Landtechnik, Universität Gießen, Braugasse 7, 35390 Gießen
[2] Staatliches Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt Mittelhessen, 35338 Gießen

1 Einleitung

Ökonomische Rahmenbedingungen, verursacht unter anderem durch den internationalen Wettbewerb, drängen zu einer deutlichen Reduktion der Produktionskosten je kg Milch. Dieses bedeutet konsequenterweise eine Betreuung von mehr Kühen bei höheren Leistungen je Arbeitskraft. Damit wird ein Arbeitszeitaufwand pro Kuh in Richtung 30 AKh angestrebt. Dies spiegelt sich auch in der Melkarbeit wieder. Entscheidend ist u.a. der zügige und vollständige Milchentzug. Dazu ist eine Eutervorbereitung notwendig, die in der Lage ist, den Milchejektionsreflex auszulösen und die Kuh in Melkbereitschaft zu versetzen. Werden alle vorbereitenden Vorgänge von Hand erledigt, muss mit einem Zeitaufwand von 60 Sekunden pro Kuh gerechnet werden (WORSTORFF UND DETHLEFSEN 1994). Entsprechend können so nur 60 Kühe pro AKh gemolken werden. Dieser Zeitaufwand lässt sich jedoch nicht mit dem Bestreben nach immer höheren Durchsätzen an Kühen pro Stunde im Melkstand vereinbaren.

Aus diesem Grund verwenden viele Landwirte zur Erleichterung der Arbeit und zur schnelleren Arbeitserledigung maschinelle Stimulationshilfen und bzw. oder maschinelle Melkzeugabnahmen. Gleichzeitig erhofft man sich von der Teilautomatisierung der Vor- und Nachphase einen positiven Effekt auf die Eutergesundheit, denn die Technik bietet dem Tier jederzeit gleiche Arbeitsabläufe, an die es sich gewöhnen kann, während der Mensch doch immer etwas in seinen Arbeitsabläufen variiert.

Wird mit mehreren Melkern gemolken, unterscheiden sich diese in ihrer Persönlichkeit und Ausbildung. Es treten aber auch tägliche Veränderungen durch Arbeitsauslastung, momentane Situation und Konstitution auf, die einen Einfluss auf die Melkarbeit haben. Dadurch wird sowohl die Durchführung der Melkarbeit, ihre Handhabung aber auch die Routine selbst und die angewandte Technik beeinflusst. Über die vorhandene Melktechnik wirkt der Melker mit seiner Melkarbeit direkt auf die Kuh und beeinflusst ihr Verhalten während des Melkens, die Milchhergabe und die Milchleistung. Mit dem Einwirken auf die Kuh nimmt der Melker auch Einfluss auf die Eutergesundheit. Über die Eutergesundheit entsteht jedoch eine Rückkopplung auf die Faktoren Melker, Melkarbeit und Kuh, denn durch Mastitiden kann die Melkroutine empfindlich gestört werden. Der Arbeitsablauf des Melkers ändert sich, es entsteht Mehrarbeit, die zu einer höheren Arbeitsauslastung führen kann. So kann die Melkarbeit oft nur noch ungenügend durchgeführt werden, was sich wieder auf die Milchhergabe und die Milchleistung auswirkt. Eutergesundheitsstörungen können also den Regelkreis aus dem Gleichgewicht bringen, was sich wiederum negativ auf die Eutergesundheit auswirken kann.

2 Datenerfassung

Für den Versuch standen 4 landwirtschaftliche Praxisbetriebe mit 60 bis 240 laktierenden Kühen (Holstein Frisian) zur Verfügung. Die Herdendurchschnittsleistung aller Betriebe lag über 8000 kg Milch/Jahr. Die Kühe wurden in Liegeboxenlaufställen gehalten, die zweimal täglich gereinigt wurden; die Fütterung erfolgte ganz oder teilweise über TMR; das Herdenmanagement der Betriebe ist vergleichbar. Die Betriebe waren frei von kontagiösen Streptokokken (*Sc. agalactiae, Sc. canis*) und die Viertelinfektionsrate mit *Staph. aureus* lag unter 5 %. Unterschieden haben sich die Betriebe durch die Melkstände verschiedener Hersteller und verschiedener Bauart und durch ihre Ausstattung.

Für die Untersuchung wurden von allen Tieren auf allen Melkplätzen die Milchflusskurven mit dem LactoCorder aufgezeichnet. Zusätzlich wurde zu jeder Messung und zu jedem Tier ein Melkprotokoll angefertigt, in dem u.a. die Melkroutine, die Euterform, die Blindmelkzeiten auf Viertelebene, die Zeit von der ersten Berührung des Euters bis zum Ansetzen des Melkzeugs und das Verhalten der Kuh während des Melkens festgehalten wurde. Zeitnah dazu wurden von allen laktierenden Kühen antiseptisch Viertelanfangsgemelksproben genommen und im Milchlabor des Staatlichen Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinär-untersuchungsamtes Mittelhessen mittels Fossomatic nach IDF-Standard ausgewertet. Jeder Betrieb wurde dreimal im Abstand von drei Monaten gemessen.

3 Ergebnisse

3.1 Stimulation

Eine vollständige Melkroutine beginnt mit dem Vormelken der ersten Milchstrahlen, Prüfen der Milch und Reinigen der Zitzen, Zitzenkuppen und des Euterbodens. Durch diese Handgriffe am Euter der Kuh wird diese bereits angerüstet. Zusätzlich kann zum weiteren Anrüsten eine maschinelle Stimulationsautomatik eingesetzt werden. In diesem Versuch setzte ein Betrieb eine Vibrationsstimulation ein.

Als Parameter für eine nicht ausreichende Stimulation der Kühe und die damit verbundene Melkbereitschaft gilt die bimodale, also zweigipflige Milchflusskurve. Die Betriebe unterscheiden sich deutlich in ihrem Anteil an bimodalen Milchflusskurven (Abb. 1).

Der höchste Anteil (32 %) wurde auf dem Betrieb festgestellt der maschinell mit der Vibrationsstimulation die Euter anrüstet. Auf diesem Betrieb werden die Kühe in einem Auto-Tandem-Melkstand gemolken, so dass hier das Melkzeug direkt nach dem Vormelken und Reinigen des Euters angehangen wurde. Für diese Vorgänge wurden im Mittel 10 Sekunden benötigt. In den anderen drei Betrieben wurde in Gruppenmelkständen gemolken. Hier wurde nicht wie im Auto-Tandem-Melkstand alle Vorgänge der Melkroutine direkt hintereinander erledigt, sondern in dreier oder fünfer Gruppen zunächst vorgemolken, anschließend wieder gruppenweise gereinigt und schließlich die Melkzeuge angesetzt. Durch die dadurch entstehende Wartezeit, in der die Nachbarkühe vorgemolken und gereinigt werden, dauerte es von der ersten Berührung des Euters bis zum Ansetzen des Melkzeuges auf diesen Betrieben zwischen 1 Minute und 2 Minuten und 10 Sekunden. Der Betrieb mit der längsten Zeit von Routinebeginn bis zum Ansetzen hatte auch den höchsten Anteil an bimodalen Milchflusskurven (23 %). Der geringste Anteil an bimodalen Milchflusskurven konnte auf dem Betrieb gefunden werden, der manuell die Euter vorbereitet und genau 1 Minute zwischen Routinebeginn und Ansetzen des Melkzeuges hatte.

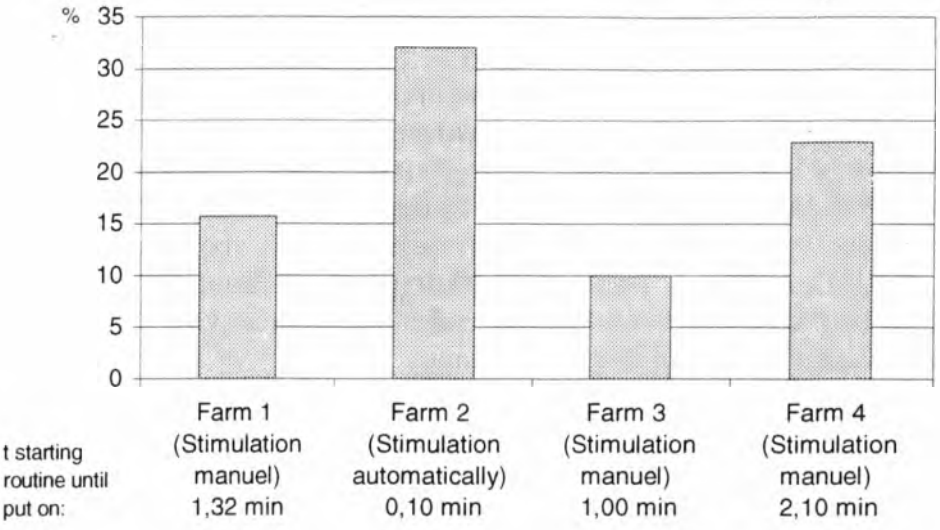


Abb. 1: Anteil bimodaler Milchflusskurven in Prozent (n = 1590)
Share of bimodal milk flow curves in per cent (n = 1590)

Die Auswirkungen der Bimodalität auf die Eutergesundheit können anhand der Viertelanfangsgemelksproben erkannt werden (Abb. 2). Parameter für die Eutergesundheit ist u.a. die Zellzahl, wobei eine Kuh als eutergesund gilt, wenn sie auf allen vier Vierteln einen Zellgehalt von unter 100.000 Zellen/ml hat. Ein Zellgehalt zwischen 100.000 und 200.000 gilt schon als gesundheits- und auch qualitätsbeeinträchtigend; höhere Zellgehalte müssen als krankhaft bezeichnet werden (DEUTSCHE VETERINÄRMEDIZINISCHE GESELLSCHAFT 1994).

Von den Tieren, die einen eingipfligen Milchflusskurvenverlauf hatten, sind 35 % eutergesund gewesen. Betrachtet man dagegen die Kühe mit bimodalem Kurvenverlauf infolge mangelnder Stimulation, so ist hier der Anteil an eutergesunden Tieren (29 %) geringer.

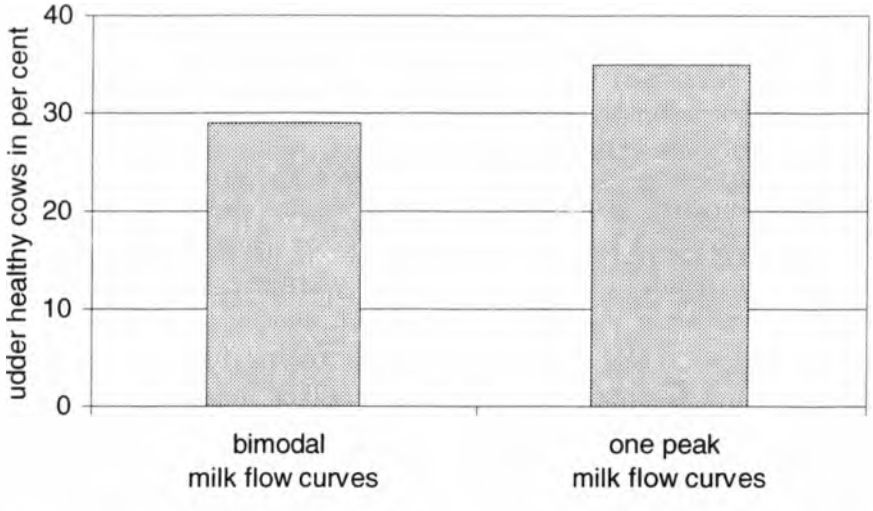


Abb. 2: Anteil eutergesunder Kühe mit eingipfligem Milchflusskurvenverlauf und bimodalem Milchflusskurvenverlauf
Schare of udder healthy cows with one peak milk flow curves and bimodal milk flow curves

3.2 Blindmelken

Zur Schonung des Eutergewebes und zur Vermeidung von Blindmelkzeiten ist es erforderlich, dass das Melkzeug unmittelbar nach Versiegen des Milchflusses abgenommen wird. Dies kann entweder manuell geschehen oder maschinell in Form einer Abnahmeautomatik und nach einer maschinellen Nachmelkautomatik.

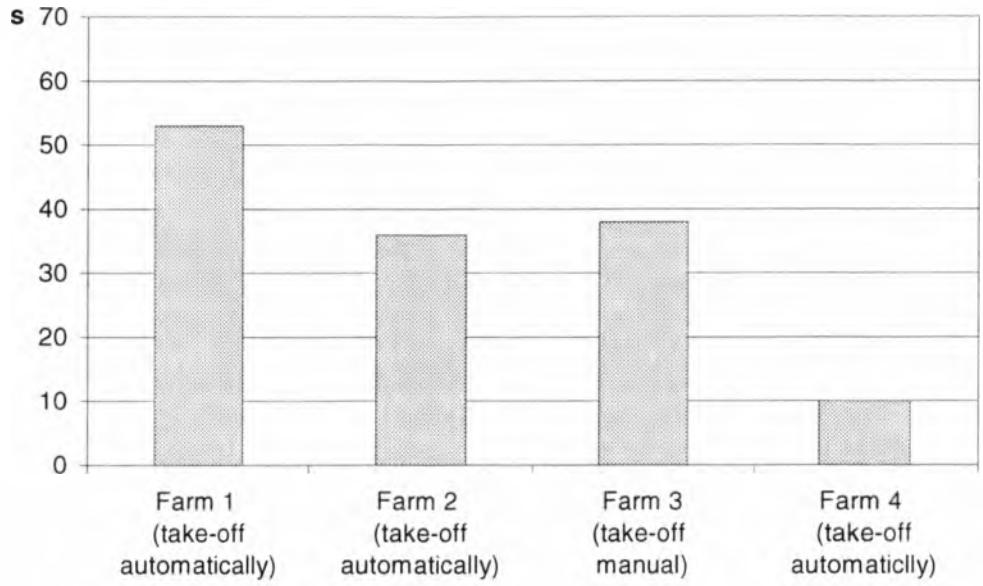


Abb. 3: Durchschnittliche Blindmelkzeiten auf den Betrieben
Average blind milking time on the farms

Drei Betriebe setzten eine milchflussgesteuerte Abnahmeautomatik zur Vermeidung von Blinmelkzeiten infolge Arbeitsüberlastung des Melkers ein. Doch lediglich auf einem Betrieb konnte dadurch die Blindmelkzeit auf durchschnittlich 10 Sekunden reduziert werden (Abb. 3). Auf den beiden anderen Betrieben wurden mit der automatischen Abnahmeautomatik durchschnittliche Blindmelkzeiten von 36 und 53 Sekunden gemessen. Im Vergleich dazu lag die durchschnittliche Blindmelkzeit in dem Melkstand ohne automatische, sondern mit manueller Abnahme bei 38 Sekunden. Hier war jedoch systembedingt die Schwankungsbreite sehr hoch, denn wenn mehrere Kühe gleichzeitig an ihrem Melkende angelangt sind, können die Melkzeuge nur nacheinander abgenommen werden. Dadurch tritt beim ersten Tier keine Blindmelkzeit auf, während bei dem letzten Tier höhere Blindmelkzeiten gemessen werden.

Die hohen Blindmelkzeiten auf den Betrieben 1 und 2 lagen darin begründet, dass die automatische Abnahmeautomatik nicht korrekt eingestellt war. Aufgrund dieser Ergebnisse wurden sie neu justiert, so dass sich anschließend die Blindmelkzeiten verringert haben. Diese mangelnde Genauigkeit der Abnahmeautomatik wird auch vom HVL Hessen bestätigt (EISE 1999).

Die Auswirkungen der Blindmelkzeiten auf die Eutergesundheit können wieder anhand der Zellzahlen festgestellt werden, wobei auch hier wieder dann eine Kuh als eutergesund gilt, wenn sie auf allen vier Vierteln weniger als 100.000 Zellen/ml Milch hat. Erwartungsgemäß konnte der höchste Anteil an eutergesunden Kühen (37,4 %) bei einer Blindmelkzeit von maximal 10 Sekunden gefunden werden. Bei längeren Blindmelkzeiten von 10,1 bis 30 Sekunden

nimmt der Anteil an eutergesunden Kühen leicht ab auf 33,8 %. Verlängert sich die Blindmelkzeit auf eine Minute, konnte ein etwa gleicher Anteil an eutergesunden Kühen gemessen werden (33,3 %). Ein deutlich geringer Anteil an Tieren mit gesunden Eutern wurde bei Blindmelkzeiten von über einer Minute gefunden, hier lag der Anteil bei 26,5 %.

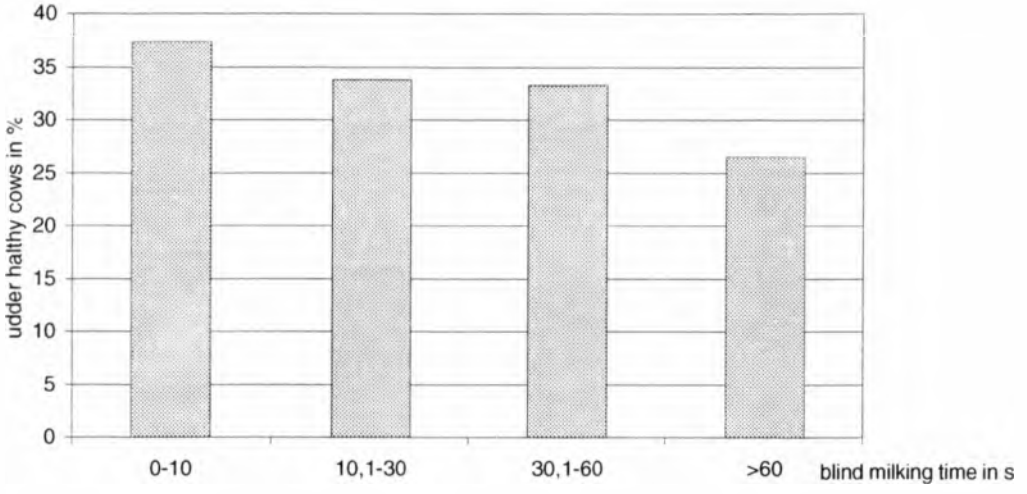


Abb. 4: Anteil eutergesunder Kühe bei verschiedenen Blindmelkzeiten
Share of udder healthy cows at different blind milking times

4 Literatur

DEUTSCHE VETERINÄRMEDIZINISCHE GESELLSCHAFT: Sachverständigenausschuss „Subklinsche Mastitis" des Arbeitskreises „Eutergesundheit": Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Herdenproblem. Kiel, 1994

EISE, M.: Erfahrungen aus der Melktechnik-Beratung. Tagungsband „Forum 99", Gießen, 1999

WORSTORFF, H. UND A. DETHLEFSEN: Richtiges Anrüsten fördert die Milchhergabe. Milchpraxis 32 (1994), H. 3, S. 136-139

Evaluation of milking by using LactoCorder in combination with cytobacterial analysis of the milk

RITTERSHAUS, CHRISTIANE[1], HERMANN SEUFERT AND WILFRIED WOLTER[2]

[1] Institut für Landtechnik, Universität Gießen, Braugasse 7, 35390 Gießen, Germany
[2] Staatliches Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt, 35338 Gießen, Germany

Economic conditions push to a drastic reduction of production costs for milk. Important is in this context an efficient and fast milking process. If all preparing transactions are achieved manually this is very time-consuming. Therefore many farmers use automatic stimulations and take-offs. In addition to these facilitations there may be a positive effect on udder health. This is caused by the fact that automatic support leads to a constant work flow in difference to the manual job that can change temporarily.

In the experiment included were four farms with 60 to 240 Holstein Frisian cows with at least 8.000 kg milk output per year. All farms were free of contagious germs. Milk flow curves were registered by LactoCorder. Additionally blind milking times and other parameters were identified. Milk samples were analysed by Fossomatic (IDF-standard).

The largest share of bimodal milk flow curves (32 %) - an indication for insufficient stimulation - could be found on the farm with automatic vibration stimulation. The time between stimulation and the beginning of milking was only 10 seconds. The longest period for all transactions of the milking routine was 2 minutes and 10 seconds. This farm had the largest share of bimodal milk flow curves among the manual stimulations. The lowest share could be found on the farm with manual stimulation and a time of 1 minute for the milking routine. A parameter for udder health is the number of cells in the milk. Less than 100.000 cells/ml milk point at a healthy udder. 35 % of all cows with a one peak milk flow curves belonged to this group. On the other hand only 29 % of cows with a bimodal milk flow curve reached less than 100.000 cells.

To take care of the udder epithelium and to avoid blind milking times it is necessary to remove the milking machine directly after the milk flow. On 3 farms automatic take-offs were used. But only one of these farms could reduce the blind milking time to 10 seconds. On the other two farms times of 36 and 53 seconds were quantified. The manual take-off led to a blind milking time of 38 seconds at an average.The long times for farm 1 and 2 were caused by a wrong adjustment of the automatic take-off. The largest share of udder healthy cows (37,4%) could be found with blind milking times less than 10 seconds. With longer blind milking times (> 60 seconds) the share of healthy cows declines to 26,5 %.

Tieraktivitätsmessung mit Pedometern zur Verbesserung des Gesundheits- und Fruchtbarkeitsmanagements in Milchviehherden

STUMPENHAUSEN, JÖRN

Lemmer-Fullwood GmbH, 53790 Lohmar

1 Einleitung

In der professionellen Milchviehhaltung wird nicht zuletzt aus ökonomischen Gründen das Bestreben intensiviert, durch ein verbessertes Gesundheits- und Fruchtbarkeitsmanagement in der Herde entscheidende Rationalisierungsreserven zu erschließen und das Betriebsergebnis damit nachhaltig zu verbessern. Bei wachsenden Herdengrößen mit stetig steigenden Tierleistungen ist der Zwang zu einer verbesserten Tierüberwachung bei vertretbarem Arbeitszeitaufwand nur noch mit Hilfe des Einsatzes geeigneter Technik, Sensorik und Elektronik möglich.

Elektronische Tiererkennungssysteme erlauben die arbeitsneutrale Erfassung von Milchmenge und Milchleitfähigkeit mit Hilfe elektronischer Milchmengenmessgeräte. Bei einer Integration der Identifizierung in sogenannte Pedometer-Transponder (Abb. 1) ist außerdem die Messung der Bewegungsaktivität jeder Kuh möglich.

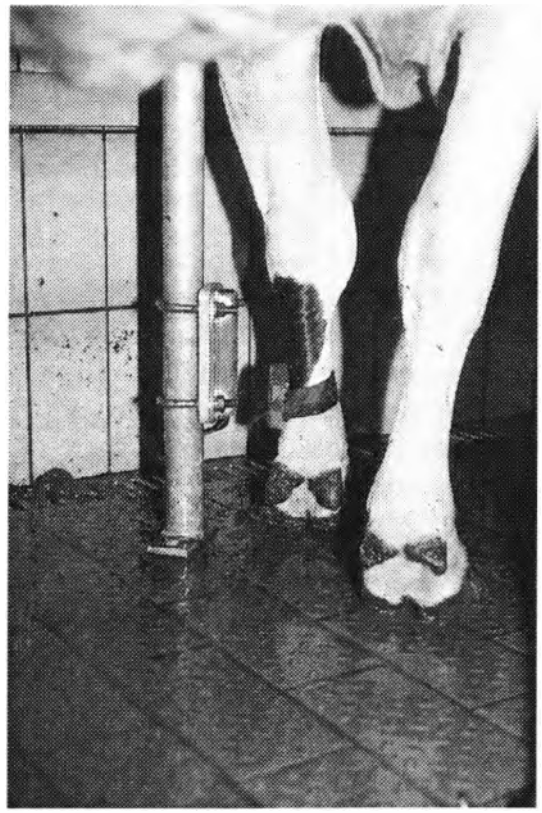


Abb. 1: Pedometer-Transponder

Bekannt ist, dass durch die regelmäßige automatische Erfassung der Parameter Milchmenge, elektrische Leitfähigkeit der Milch und Tieraktivität, ausgewertet durch ein professionelles Herdenmanagementprogramm, die Herdenführung entscheidend verbessert werden kann. Aufgrund der langjährigen Erfahrung von Fullwood auf diesem Gebiet und den inzwischen allein in Deutschland weit über 100 Anwenderbetrieben mit Pedometertechnik sind aus Sicht der Praxis heute konkrete Aussagen zum Nutzen dieser Technologie möglich.

2 Technik zur Bewegungsaktivitätsmessung

Die Fußtransponder mit Schrittzählwerk werden an der Fessel eines Vorder- oder Hinterbeines des Tieres befestigt. Der darin enthaltene Bewegungsschalter löst Zählimpulse aus, die in einem Speicherchip fortlaufend registriert werden. Zeitgleich mit der automatischen Erkennung im Melkstand wird der Zählerstand ausgelesen und zur Datenverarbeitung an den angeschlossenen PC übertragen. Das „Fusion"-Herdenmanagementprogramm errechnet aus dem Vorwert und dem aktuellen Wert sowie dem Zeitabstand zwischen beiden Auslesungen die durchschnittliche Bewegungsaktivität in Schritten pro Stunde. Diese Aktivitätskennzahl wird ebenso wie die stündliche Milchproduktion und die Leitfähigkeit des aktuellen Gemelkes nach jeder Melkzeit errechnet, bei Über- bzw. Unterschreitung von (frei definierbaren) Grenzwerten in Alarmlisten ausgedruckt und kann in Graphiken über die gesamte Laktation in ihrem Verlauf dargestellt werden. In Verbindung mit den aktuellen Kuhkalenderdaten und den Ergebnissen der visuellen Beobachtungen sind diese Verlaufskurven die wesentliche Entscheidungshilfe für den Betriebsleiter, um bei Veränderungen frühzeitig prophylaktische oder kurative Maßnahmen im Rahmen des Herdenmanagements ergreifen zu können.

Gegenüber der konventionellen Tieridentifikation mit Halsbandtranspondern entsteht bei der Entscheidung für das Pedometer-System durch höhere Preise für die Aktivtransponder, durch aufwendigere Hardware für die Identifikation und die erweiterte Software ein von der Tierzahl abhängiger Investitionsmehrbedarf in Höhe von 100,- bis 200,- pro Kuh.

3 Pedometer-Einsatz in der Praxis

3.1 Brunsterkennung

Die Bedeutung der Tieraktivitätsmessung für ein verbessertes Fruchtbarkeitsmanagement beruht auf der erhöhten Bewegungsaktivität als einer brunsttypischen Körperäußerung. Dieses ist in der Vergangenheit durch viele Untersuchungen bestätigt worden (Tab. 1).

Für die konventionelle Praxis mit rein visueller Brunstbeobachtung werden in der Literatur Werte zwischen 50 und maximal 70 % angegeben, wobei zu berücksichtigen ist, dass subjektive Einflüsse die Brunstüberwachung und -beurteilung beeinflussen und externe Faktoren, wie Haltungsbedingungen, Ernährung und Klima sich auf die Brunstintensität der Tiere auswirken. Bei holländischen Praxisuntersuchungen wurden bei zweimal 10 Minuten täglich nur rund 14 % und bei einer Verlängerung der Beobachtungsdauer auf dreimal 20 Minuten täglich 54 % aller brünstigen Kühe erkannt. Ein höherer Wert von knapp 80 % war erst bei einer Verlängerung der Beobachtungsdauer auf dreimal 30 Minuten pro Tag erreicht worden. Die positiven Effekte einer erhöhten Brunsterkennungsrate liegen in einem besseren Besamungserfolg, einer optimierten Zwischenkalbezeit und einer höheren Gesamtträchtigkeitsrate.

Tab. 1: Brunsterkennung durch Aktivitätsmessung
Oestrus detection by measurement of walking aktivity

Autor	Aktivitäts-erhöhung	Brunsterkennungs-rate
KIDDY 1977	400 %	
ROSSING ET AL. 1983	30 - 200 %	
THOMPSON ET AL. 1983		95 %
ROTH 1986	93 %	80 %
MAATJE ET AL. 1987		84 - 95 %
COHEN ET AL. 1990		91%
TIMMS ET AL. 1991		86 %
LIU ET AL. 1991		76 %
PULVERMACHER ET AL. 1991		91 %
FÜRSTENBERG ET AL. 1995		> 85 %
SECCHIARI ET AL. 1998		66 - 94 %

Untersuchungen in verschiedenen Ländern (Deutschland, Italien, Israel, Niederlande) ergaben durch den Einsatz der Pedometer Verkürzungen der Güstzeit von 8 bis 29 Tage, eine Verringerung des Besamungsindex (in den Niederlanden um 0,2) bzw eine Erhöhung der Gesamtträchtigkeitsrate (Deutschland + 9 %).

Der ökonomische Nutzen durch verminderte Anzahl von Besamungen, optimale Anpassung der Rastzeit an die Milchleistung, Verminderung der Zwischenkalbezeit, Verlängerung der Nutzungsdauer, Einsparung an Arbeitszeit und Senkung der Tiereinsatzkosten wird mit 40,- bis über 200,- DM pro Tier und Jahr angegeben.

3.2 Gesundheitsüberwachung

Erfahrungen der Praxis aus den letzten Jahren machen darüber hinaus deutlich, dass gerade Veränderungen des Verhaltensmusters, gemessen mit Hilfe der Pedometer-Transponder, frühzeitig Hinweise auf bestimmte Gesundheitsstörungen liefern können. Diese zeigen sich im allgemeinen durch eine verminderte Aktivität. Dazu zählen in erster Linie Klauenerkrankungen, Stoffwechselstörungen und Labmagenverlagerungen.

Klauenerkrankungen werden meistens durch eine kontinuierliche Abnahme der Bewegungsaktivität erkannt.

Zunehmend an Bedeutung gewinnt insbesondere in leistungsstarken Herden die rechtzeitige Diagnose von Stoffwechselstörungen und Labmagenverlagerungen, die heute bereits einen Großteil der Tierarztkosten verursachen. Gerade für diese Krankheitsbilder ist ein frühzeitiges und gezieltes Eingreifen geeignet, Behandlungskosten und Ertragsausfälle zu reduzieren.

Symptomatisch für beide Krankheitserscheinungen sind eine Minderung der stündlichen Milchproduktion, ein häufig damit einhergehendes Ansteigen des Leitwertes und ein Absinken der Bewegungsaktivität. Zur Differenzierung werden die Daten aus dem Kuhkalender genutzt,

denn erfahrungsgemäß tritt eine Ketose vermehrt in den ersten 40 Tagen der Laktation auf, während eine Labmagenverlagerung sich mit den gleichen Symptomen erst in der späteren Laktation bemerkbar macht. Durch ein gezieltes Abhorchen der Pansengeräusche kann dann die exakte Diagnose durch den Bestandstierarzt gestellt werden.

3.3 Datenauswertung

Die gerade mit den dargestellten betriebswirtschaftlich relevanten Krankheitserscheinungen verbundene Einschränkung der Mobilität der Kühe ist demnach als wesentliches Indiz zu betrachten und kann über die entsprechende Technik erfasst und im Herdenmanagementsystem ausgewertet werden. Wichtigste Voraussetzungen für den effektiven Einsatz derartiger rechnergestützter Herdenmanagementsysteme sind das vertiefte Einarbeiten in die Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten sowie die Grenzwerteinstellungen des Programms, der täglich konsequent durchgeführte Datenabruf, die permanente Datenpflege und gute Kenntnisse über Produktionsabläufe und tierphysiologische Vorgänge.

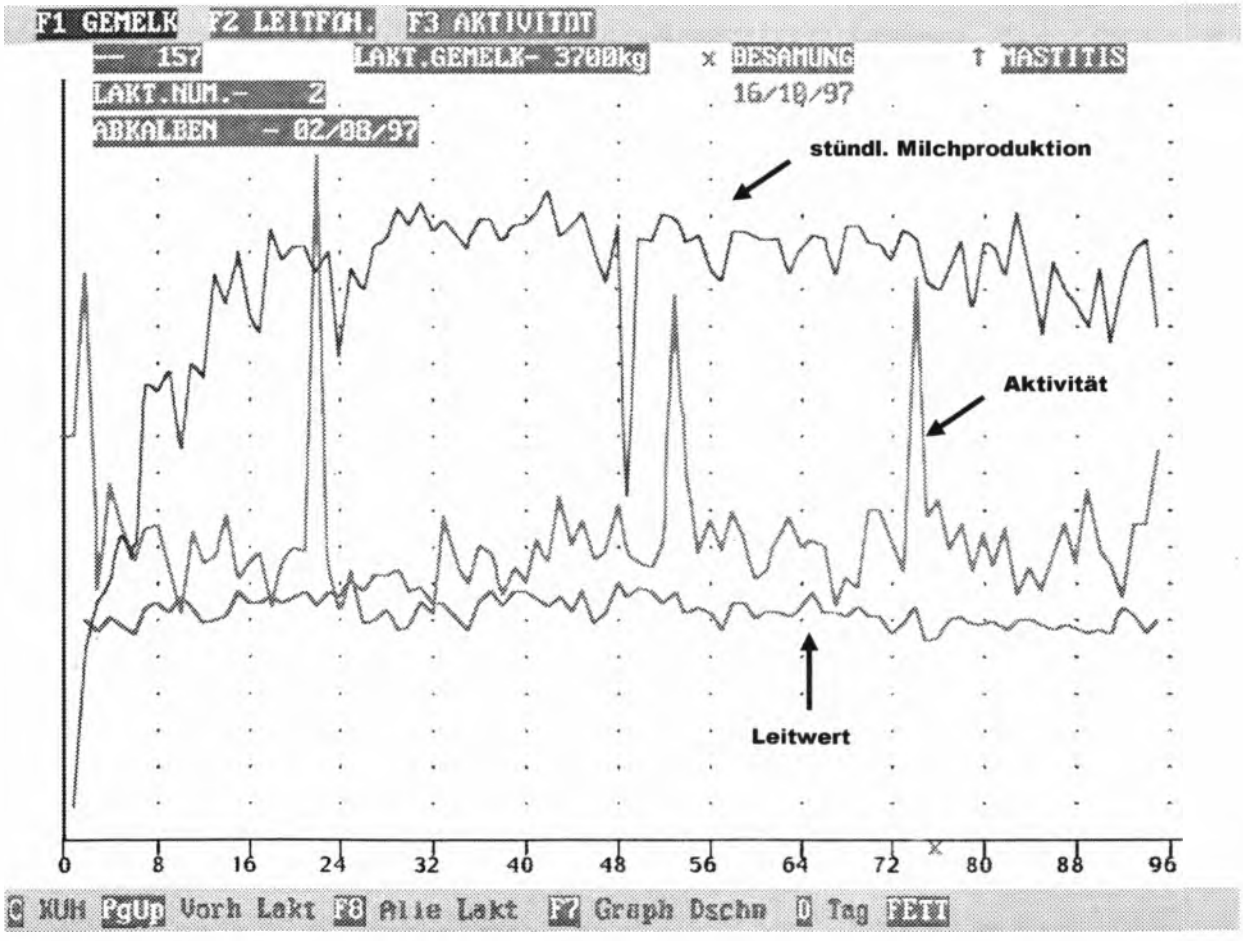


Abb. 2: Verlaufskurven für Milchmenge, Bewegungsaktivität und Leitfähigkeit
Running curve of milk quantity, walking activity and conductivity

Das Herdenmanagementsystem mit seinen vielfältigen Möglichkeiten der Datenerfassung, -speicherung und -auswertung ersetzt allerdings nicht die veterinärmedizinische Betreuung und Behandlung; der Betriebsleiter gewinnt jedoch durch die Abweichungen von Normalwerten

frühzeitig konkrete Hinweise auf die Tiere, die einer gezielten Untersuchung bedürfen. Entscheidend ist dabei die konsequente Nutzung des Systems, die zu einer wachsenden Erfahrung bei der Interpretation der Verlaufskurven der ermittelten Werte für Milchmenge, Leitfähigkeit und Bewegungsaktivität führen (Abb. 2). Die richtige Deutung der tierindividuellen Ausprägungen des Kurvenbildes (Grad des Anstiegs bzw. des Absinkens, Relation zur Variabilität des Messwertes in der zurückliegenden Laktation) unter Einbeziehung von Kuhkalenderdaten sowie die Kenntnis um die Historie der betreffenden Kuh helfen, falsch-positive Hinweise zu minimieren. Allgemeine Stressfaktoren, wie Witterungseinflüsse, Futterumstellungen oder beispielsweise die Störung der Wasserzufuhr, die ebenfalls Auswirkungen auf Milchleistung und Tierverhalten haben können, sind über die herden- oder gruppenspezifische Auswertung erkennbar und beeinträchtigen somit die Sicherheit der Einzeltierkontrolle nicht.

4 Schlussfolgerungen

Wissenschaftlich ist die Aussagekraft der automatisch erfassten Tieraktivitätsdaten im Rahmen der Gesundheitsüberwachung in Milchviehbetrieben noch weitgehend unbearbeitet. Die Praxis zeigt jedoch, dass bei konsequenter Nutzung der vielfältigen Möglichkeiten das System zur Tierüberwachung mit Hilfe von Pedometer-Transpondern in mittleren und großen Herden zu einer unverzichtbaren und wertvollen Managementhilfe für den Betriebsleiter wird. Die Mehrinvestition gegenüber den Halsbandtranspondern haben sich in wenigen Jahren amortisiert. In Deutschland sind über 40.000 Kühe mit dem Fullwood Pedometer ausgestattet. Vor dem Hintergrund, dass weltweit bereits über 3,5 Millionen dieser Fußtransponder im Einsatz sind, wird die Notwendigkeit erkennbar, die Beratung in dieser Hinsicht zu intensivieren.

Animal activity measurement with pedometers to improve health and fertility management in dairy cattle herds

STUMPENHAUSEN, JÖRN

Lemmer-Fullwood GmbH, 53790 Lohmar, Germany

Up to now the evidence of automatically recorded animal activity data during health monitoring in dairy farms has not been investigated. The on farm experiences show however, that the consistent use of the manifold oportunities of this system for animal monitoring with pedometer-transponders in average and large herds will be an unabdicable and valuable management tool for the herd manager. The additional investment compared to collar-transponders will pay off during a few years. In Germany there are nowadays equiped more than 40.000 cows with Fullwood pedometers. Taking into account that world-wide more than 3,5 millions of these pedometers are in use, the necessity to intensify extension in this area is obvious.

Entwicklung einer Rauhfutter-Abrufstation zur Frühentwöhnung von Kälbern

BÜSCHER, WOLFGANG UND ANGELIKA HÜTTER

Institut für Agrartechnik und Landeskultur, Universität Halle, 06108 Halle (Saale)

1 Einführung in die Thematik und Untersuchungsziele

Die Notwendigkeit der Kostensenkung im Bereich der Milcherzeugung wird auch auf die Kälberaufzucht übertragen. Da die Futterkosten einen großen Anteil an den Gesamtkosten für die Aufzucht haben, spielt der Aufwand für teure Futtermittel eine wichtige Rolle. Dabei rangiert der „Milchaustauscher", bezogen auf die Kosten je Energie- und Proteineinheit, weit vor Kraftfutter und den betriebseigenen Grundfuttermitteln. Aus diesen Gründen richtet sich die Aufmerksamkeit vorrangig auf die Frühentwöhnung der Kälber von der Milchtränke (PIRKELMANN 1992). Es werden verschiedene Möglichkeiten diskutiert, die Frühentwöhnung einzuleiten, abhängig vom Alter der Tiere, von ihrer Lebendmasseentwicklung und von ihrem Kraftfutterverzehr. Keines dieser Merkmale hat einen unmittelbaren Bezug zur funktionsfähigen Pansenentwicklung des Kalbes, der für eine sachgerechte Frühentwöhnung wünschenswert wäre (BÜSCHER UND BIESINGER 1993). Ziel der eigenen Untersuchungen war es daher, eine Abrufstation für Rauhfutter zu entwickeln, um über die individuelle Erfassung der Rauhfutteraufnahme des Kalbes eine ernährungsphysiologisch fundierte Frühentwöhnung einleiten zu können. Übergeordnete Intention ist es, die Information über den ernährungsphysiologischen Status des Kalbes langfristig als elektronisches Signal in die Prozesssteuerung der Kälberfütterung einfließen zu lassen.

In vorausgegangen Untersuchungen zur Frühentwöhnung auf der Basis der individuellen Kraftfutteraufnahme (BÜSCHER UND KÄCK 1995) hat sich gezeigt, dass es sehr große tierindividuelle Schwankungen beim Alter der ersten Futteraufnahme und der täglich verzehrten Kraftfuttermenge gibt. Eine gruppenbezogene Frühentwöhnung ist wegen der Unterversorgung einzelner Tiere nicht ratsam. Die individuelle Erfassung der Futteraufnahme lässt das größte Einsparungspotential erwarten. In der immer häufiger anzutreffenden Haltung in Großgruppen ist die elektronische Identifizierung der Kälber mit Halsbändern oder Ohrmarken beim Einsatz von Warmtränkeautomaten ohnehin bereits Standard. Aus verschiedenen Gründen hat sich die Frühentwöhnung der Kälber mit Hilfe von Kraftfutter-Abrufstationen jedoch in der Praxis nicht durchgesetzt.

In den ostdeutschen Milchvieh-Großbetrieben ist die Futteraufbereitung und -vorlage mit TMR-Mischwagen üblich. Da verschiedene Rationen für die Leistungs- bzw. Laktationsgruppen angemischt werden, erhalten die Kälber in der Regel die hochwertigste Ration zur freien Verfügung, um möglichst gut versorgt und rasch an Rauhfutter geführt zu werden. Auf ein spezielles Kraftfutter für die Kälber wird aus Kosten- und Organisationsgründen oft verzichtet. Eine Frühentwöhnung auf der Basis der Kraftfutteraufnahme ist daher für diese Betriebe nicht von Interesse.

2 Material und Methode

Aus den oben genannten Umständen bestand auch auf dem Untersuchungsbetrieb großes Interesse an der Frühentwöhnung bei gleichzeitiger Unsicherheit über die richtige Methode. Da zwischen der Rauhfutteraufnahme und der Pansenentwicklung der physiologisch engste Zusammenhang besteht, sollte eine Rauhfutterabrufstation zur Erfassung der individuellen Grundfutteraufnahme entwickelt und über zwei Aufzuchtperioden getestet werden.

Im Frühjahr 2000 wurden auf der Grundlage eines mit dem Agrarunternehmen Pfaffendorf erstellten Lastenheftes zwei Abrufstationen angefertigt. Folgende Teilziele und Arbeitsschritte wurden bei den dann folgenden Untersuchungen verfolgt:

- Erprobung der Technik im praktischen Einsatz,
- Erfassung des typischen Rauhfutteraufnahmeverhaltens bei der Aufzucht in der Großgruppe mit den ohnehin vorhandenen Warmtränkeautomaten,
- Überprüfung des Merkmals auf seine Eignung zur Frühentwöhnung,
- ökonomische Bewertung und Bedingungen für eine wirtschaftliche Nutzung.

Die Untersuchungen wurden im Sommer 2000 abgeschlossen. Mit Hilfe der Aufzeichnungen konnte das individuelle Futteraufnahmeverhalten von über 30 Kälbern von der ersten bis zur 12 Lebenswoche erfasst und im Hinblick auf ein allgemeines Anforderungsprofil an Abrufstationen ausgewertet werden.

Die Untersuchungsbedingungen waren sehr gut. Die Kälber werden im Hof Pfaffendorf (mit 700 schwarzbunten Milchkühen bei einem Leistungsniveau von etwa 9000 kg Kuh^{-1} $Jahr^{-1}$) nach einer einwöchigen Haltung in Einzelboxen in sieben Gruppenbuchten a 15 Kälber in einem Offenfrontstall mit Tiefstreu aufgezogen (Abb. 1). Milchtränke auf der Basis von Magermilchpulver wird über 10 Wochen nach einer bewährten Futterkurve gegeben:

- Erste Woche: Muttermilch (Gewöhnung bei 6 l je Tag)
- Zweite bis dritte Woche: Milchaustauscher (ansteigend auf max. 8 l je Tag)
- Vierte bis achte Woche: Milchaustauscher (konstant bei 8 l je Tag)
- Neunte bis zehnte Woche: Abtränkphase (von 8 auf 2 l je Tag fallend).

Bei den eingesetzten Warmtränkeautomaten handelt es sich um vernetzte Geräte der Firma Förster, die von einem Managementsystem der Firma De Laval zentral gesteuert und verwaltet werden. Neben dem Rauhfutter stehen üblicherweise Wasser, TMR und Heu ad libitum zur Verfügung. Durch die zeitgleiche Aufzucht nach dem betriebsüblichen Verfahren war eine hohe Vergleichbarkeit für die gewünschte Verfahrensbewertung gewährleistet.

Zur Erfassung der Rauhfutteraufnahme wurde eine Abrufstation entwickelt. Die am Fressgitter befestigte Trogschale steht auf drei Wiegestäben, die den Inhalt auf 10 g genau erfassen. Über eine Videoaufzeichnungstechnik konnten sowohl die Häufigkeit, die Dauer und die Masse der jeweiligen Futteraufnahme ermittelt werden. Alle weiteren Auswertungen erfolgten mit Tabellenkalkulationsprogrammen.

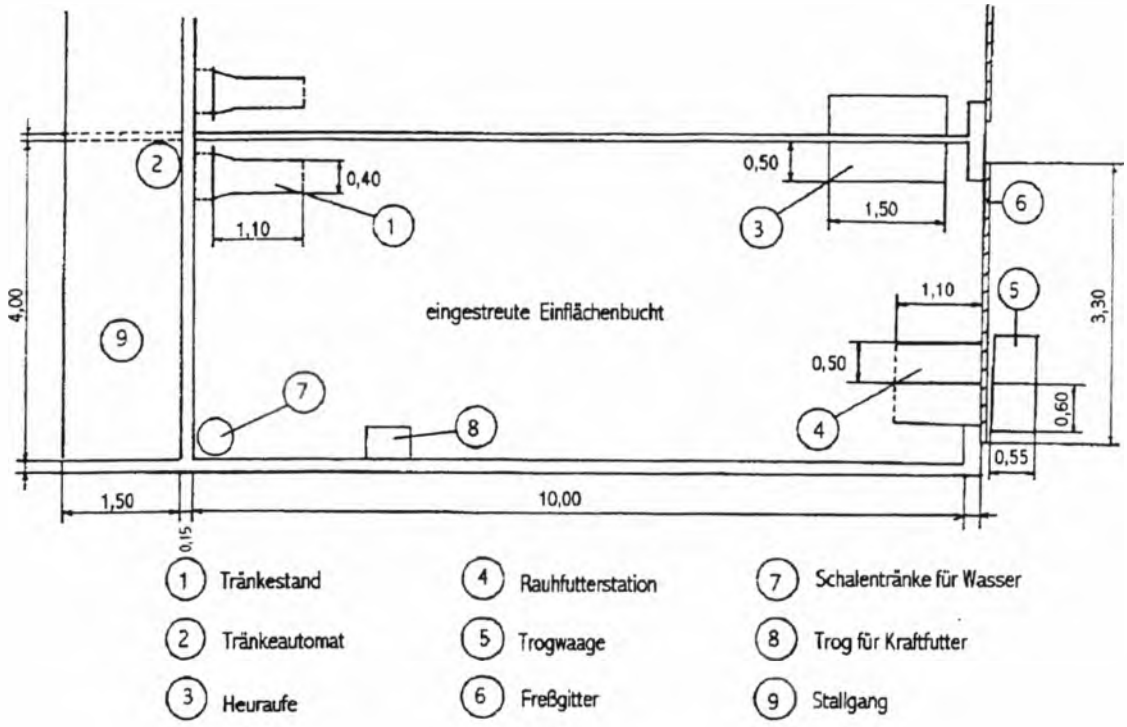


Abb. 1: Draufsicht der Gruppenbucht mit Anordnung der Versorgungseinrichtungen
Top view on the experimental compartment with the feeding station (4, 5)

3 Ergebnisse

Die Abrufstation konnte die gestellten Anforderungen im vollen Umfange erfüllen. Die Kälber akzeptierten die Station sehr schnell; es gab keine Angewöhnungsprobleme. Durch Rückwiegung der Futtermenge konnte die aufgenommenen Menge mit ausreichend hoher Genauigkeit erfasst werden. Es kam bei einer Breite des Fressplatzes von 50 cm nicht zu Doppelbelegungen. Die 70 cm langen Trennbügel verhinderten ein gegenseitiges Abdrängen.

Schon nach wenigen Wochen zeigte sich, dass die Kälber - wie erwartet - Rauhfutter bevorzugt in der Gruppe fressen. Beim Einsatz nur einer Fressstelle kam es für einige Kälber zu längeren Wartezeiten. Um keine Einbußen bei der Futteraufnahme entstehen zu lassen, entschloss man sich sehr früh, die zweite Fressstelle zu nutzen. Bei einem Fressplatz-Tier-Verhältnis von 1:10 entstanden keine nennenswerten Wartezeiten für die Kälber mehr.

Wie schon beim Kraftfutter beschrieben, ist auch die Rauhfutteraufnahme sehr individuell (BÜSCHER UND KÄCK 1995). Abbildung 2 macht deutlich, dass es Kälber in der Gruppe gibt, die sich sehr früh für das angebotene Rauhfutter interessieren. Andere nehmen selbst zum Ende der Tränkeperiode keine nennenswerte Menge an Rauhfutter auf. Die in Tabelle 1 vorgestellten Gruppen-Durchschnittswerte der Futteraufnahme sind daher als Referenzgröße für den Entwöhnungszeitpunkt nicht geeignet.

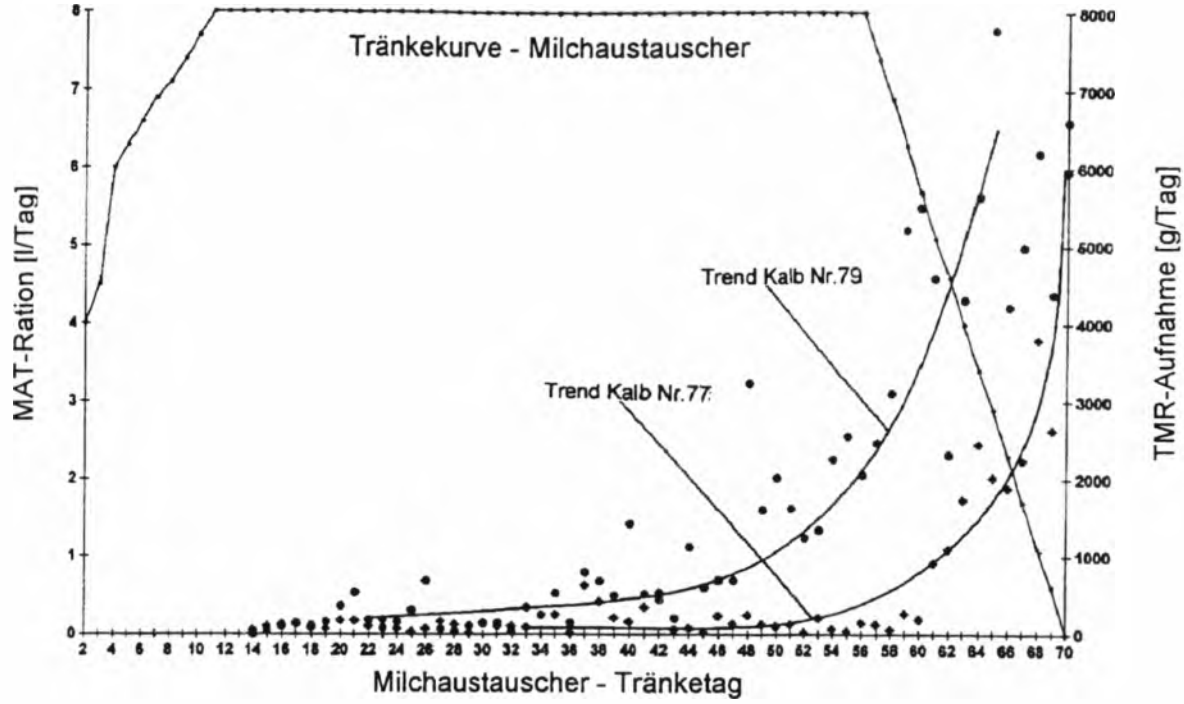


Abb. 2: Mischration-Aufnahme von zwei Aufzuchtkälbern im Verlauf der Tränkeperiode und nach der Entwöhnung
TMR-intake of two calves during and after the milk period

Bei der ökonomischen Bewertung ist eine Mischkalkulation notwendig, um der starken Individualität des Rauhfutteraufnahme-Beginns gerecht zu werden. Wenn es im Durchschnitt zu einer Senkung der Futterkosten von 5 DM je Kalb kommt, dürfte eine Abrufstation bei einer 10-jährigen Nutzung nicht mehr als 2000 DM kosten. Eine belastbare Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich, weil es keinen Anbieter für die Technik gibt, der über eine Serienfertigung verfügt. Auch das Potential an nicht zwingend notwendiger Ausstattung ist noch nicht ausgeschöpft.

4 Zusammenfassung

Der Kostendruck in der Milcherzeugung zwingt auch bei den Kälbern zur Futterkosteneinsparung. Die Frühentwöhnung der Kälber ist wegen der teuren „Milch" von großem Interesse. Ernährungsphysiologisch kann die Entwöhung eingeleitet werden, wenn das Kalb über einen funktionsfähigen Pansen verfügt. Da die Rauhfutteraufnahme ein sicherer Indikator für diesen Status ist, sollte eine geeignete Abrufstation entwickelt werden.

Die vorgestellte Technik erlaubt eine individuelle Erfassung der Futteraufnahme mit ausreichender Genauigkeit. Die technischen und biologischen Ergebnisse sind vielversprechend. Das relativ enge Tier-Fressplatz-Verhältnis von 10:1 belastet jedoch die Wirtschaftlichkeit. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um ein marktfähiges Produkt zu entwickeln.

Tab. 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der ersten Versuchsdurchgänge
Main results of the first measuring periods

Parameter	Einheit	Lebenstag	Versuchsergebnisse	
Versuchsgruppe			1	2
Versuchszeitraum 2000			17.2.-14.5.	17.5.-15.8.
Versuchsdauer	d		88	91
Anzahl Tiere je Gruppe	n		14	14
∅ MAT-Verzehr	l	70	441	444
∅ TMR-Frischmasseaufnahme je Tier			582	734
min. TMR-Frischmasseaufnahme je Tier	g/d	56	130	120
max. TMR-Frischmasseaufnahme je Tier			1330	1640
∅ TMR-Trockenmasseaufnahme je Tier			221	279
min. TMR-Trockenmasseaufnahme je Tier	g/d	56	49	46
max. TMR-Trockenmasseaufnahme je Tier			505	623
∅ TMR-Frischmasseaufnahme je Tier			2867	3413
min. TMR-Frischmasseaufnahme je Tier	g/d	70	680	1380
max. TMR-Frischmasseaufnahme je Tier			4620	7780
∅ TMR-Trockenmasseaufnahme je Tier			1089	1297
min. TMR-Trockenmasseaufnahme je Tier	g/d	70	258	524
max. TMR-Trockenmasseaufnahme je Tier			1756	2956
∅ Lebendmassezunahme	kg	56	27,0	39,3
∅ Tageszunahme	g		482	702
∅ Lebendmassezunahme	kg	70	37,3	55,0
∅ Tageszunahme	g		533	786

5 Literatur

BÜSCHER, W. UND U. BIESINGER (1993): Abrufstationen für Kraftfutter in der Kälberfütterung. In: Tagungsband zur „Bau, Technik und Umwelt in der Nutztierhaltung". Internationale VDI-MEG-Tagung, Gießen, S. 24-27

BÜSCHER, W. UND M. KÄCK (1995): Prozeßrechnergesteuerte Tränkeautomaten zur Kälberaufzucht - Arbeits- und Managementhilfe. Agrarinformatik, H. 5, S. 113-116

PIRKELMANN, H. (1992): Tiergerechte Kälberställe mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren. KTBL-Schrift 352, Darmstadt

Development of a TMR-feeding station for early weaning of calves

BÜSCHER, WOLFGANG AND ANGELIKA HÜTTER

Department of Agricultural Engineering, University Halle, 06108 Halle (Saale), Germany

Present-day milk production systems need to reduce feeding costs in calf rearing due to decreasing economic rewards from dairy products. The early weaning system in calf production is an interesting option since it uses only small amounts of milk for calf feeding. Physiologically, weaning can start as soon as the calf develops a functional rumen. The TMR-intake is a reasonable indicator for a fuctional rumen, therfore, a feeding station able to record TMR-intake was developed.

The technique presented in this study allows the monitoring of individual TMR-ingestion with a reasonable accuracy. The technical and biological results are promising on providing the base for further sudies. However, a close ratio of 1:10 feeding places per calf seems to be too expensive for an economic option in calf rearing. Further investigations are needed to increase the efficacy at the feeding station as a competitive system in calf management.

Tiergewicht und Kraftfutterverzehr als Steuerungsgröße für die automatisierte Tränke von Kälbern

PIRKELMANN, HEINRICH UND FRANZ FREIBERGER

Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, 85586 Poing

1 Einleitung

In der Kälberhaltung haben rechnergesteuerte Tränke- und Kraftfutterautomaten bereits weite Verbreitung gefunden. Die Programmierung der Prozessrechner erfolgt bislang überwiegend manuell nach den allgemeinen Rationsempfehlungen. Eine Verbesserung der tierindividuellen Versorgung und eine effektivere Nutzung des genetischen Wachstumspotentials des Einzeltieres könnte durch die automatisierte Steuerung in geschlossenen Regelkreisen erreicht werden. Ziel ist dabei insbesondere der rationelle Einsatz der kostenintensiven Milchaustauschertränke zugunsten der preiswerteren Kraft- und Grundfutter ohne die Wachstumsintensität der Kälber zu beeinträchtigen.

Die Funktion von Regelkreisen wird entscheidend von der Verlässlichkeit der Eingangsdaten beeinflusst. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand kommen für die automatisierte Steuerung von Tränkeautomaten der Kraftfutterverzehr oder das Tiergewicht in Betracht. In einem Vergleichsversuch unter praxisüblichen Haltungsbedingungen wurden beide Kriterien auf ihre Effizienz überprüft.

2 Versuchsdurchführung

30 weibliche Zuchtkälber der Rasse Fleckvieh mit einem durchschnittlichen Alter von 40 Tagen und einem mittleren Gewicht von 64 kg wurden in einem eingestreuten Zweiraumlaufstall mit angehobenem Fressplatz gehalten. Die Aufteilung in drei Versuchsgruppen à 10 Tiere erfolgte gleichmäßig nach Lebendgewicht, Alter und Abstammung hinsichtlich des väterlichen Zuchtwertes für die Fleischleistung. Die Milchaustauschertränke erhielten alle Kälber über einen rechnergeteuerten Tränkeautomaten. Zur freien Aufnahme im Trog vorgelegtes Grundfutter in Form von Maissilage und Heu wurde täglich pro Gruppe ein- und zurückgewonnen.

Die Behandlungen der Versuchsgruppen zur frühzeitigen Entwöhnung von der Milchtränke unterschieden sich in der Steuerung der Milchtränkemenge am Tränkeautomaten:

Gruppe 1: nach registriertem Kraftfutterverzehr Automaten mit Zellraddosierer und Lichtsensor an der Trogschale

Gruppe 2: nach Tiergewicht von einer Teil- und Vollwaage im Tränkestand, Registrierung der Kraftfutterverzehrmenge über einen Kraftfutterautomaten mit Dosierschnecke und Steuerungsklappe

Gruppe 3: durch manuelle praxisübliche Programmierung nach Altersstufen, Kraftfuttervorlage im Trog (Kontrollgruppe).

Der Futter- und Tränkeplan war auf ein Zunahmeniveau von 750 g je Tier und Tag ausgelegt. Die Kontrollwiegungen wurden für alle Tiere im Abstand von 14 Tagen bei einer Versuchsdauer von insgesamt 55 Tagen vorgenommen.

3 Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse des Vergleichsversuches zeigen bei vergleichbarer Körperentwicklung der Kälber je nach Behandlung deutliche Unterschiede in den Verzehrsmengen der verabreichten Futtermittel (Tab. 1). Der Verbrauch an Milchpulver lag mit ca. 49 kg am höchsten in der Kontrollgruppe. Er konnte in Gruppe 1 durch die Steuerung über den Kraftfutterverzehr um ca. 14 % auf 41,7 kg und in der Gruppe 2 durch Steuerung über das Tiergewicht um ca. 44 % auf 31,2 kg gesenkt werden. Analog stieg der Kraftfutterverzehr um 21,2 bzw. 44,3 %. Auch bei Maissilage war mit abnehmender Milchtränke eine Mehraufnahme festzustellen, während die Heumenge bei allen Behandlungen annähernd gleich lag. Die täglichen Zunahmen zeigten mit 963 bis 989 g ein durchwegs über dem angestrebten Ziel liegendes Niveau. Die Gruppe 2 erreichte das höchste Endgewicht. Die gegenüber dem Einstellungsgewicht verringerte Streuung weist auf eine sehr gleichmäßige Entwicklung dieser Gruppe hin. Bei den beiden anderen Behandlungen hat sich dagegen die Streuung deutlich erhöht.

Tab. 1: Futterverbrauch und Tierentwicklung
Feed intake and weight gain

	Gruppe 1 (n =10) [$\bar{x}$ / s]	Gruppe 2 (n =10) [$\bar{x}$ / s]	Gruppe 3 (n =10) [$\bar{x}$ / s]
Aufstallungsgewicht [kg]	63,5 / 10,3	63,6 / 9,9	63,5 / 8,8
Aufstallungsalter [Tage]	40,5 / 11,3	40,1 / 6,8	40,8 / 11,6
Milchaustauscherverbrauch [kg]	41,7 / 3,1	31,2 / 10,2	48,8 / 1,1
Kraftfutterverzehr [kg]	36,8 / 6,6	52,4 / 5,9	29,0
Maissilage [kg]	23,3	28,5	18,7
Heu [kg]	11,3	11,2	11,6
Zunahme [g/Tag]	963 / 177	989 / 160	965 / 200
Zuwachs [kg]	52,0 / 9,6	53,4 / 8,7	52,1 / 10,8
Endgewicht [kg]	115,5 / 16,9	117,0 / 7,8	115,6 / 16,7

Neben dem Gesamtergebnis des Futterverzehrs und der Tiergewichtsentwicklung ist der Verlauf der untersuchten Parameter über die Versuchsdauer von großer Bedeutung. (Abb. 1). Bereits in der 1. Woche begann der Kraftfutterverzehr in der Gruppe 2 mit Steuerung nach Lebendgewicht und nahm bis zum 30 Tag einen steilen Anstieg während die Milchtränke kontinuierlich abnahm. Diese Entwicklung verlief bei den beiden anderen Gruppen langsamer. Erst ab der 4. Woche ergab sich eine stärkere Differenzierung zugunsten der nach Kraftfutterverzehr gesteuerten Gruppe 1 die jedoch bis zum 20. Tag eine lange Gewöhnungsphase aufwies. Die nach Alter gesteuerte Kontrollgruppe erreichte bei geringerer Steigerungsrate das Niveau des Kraftfutterverzehrs der beiden Versuchsgruppen erst gegen Versuchsende. Die maximale Aufnahme war bei allen Tieren auf 1,5 kg begrenzt.

Die im Tränkestand eingebaute Waage mit Vollbrücke und die im Frontbereich darauf aufgesetzte Teilwaage zur Erfassung des Teilgewichtes durch die Vorderextremitäten zeigten einen ähnlichen Gewichtsverlauf (Abb. 2). Die Differenz zwischen Voll- und Teilgewicht vergrößerte sich jedoch im Verlauf der Versuchsperiode. Dadurch ergab sich auch eine stärkere Abweichung zu den 14-tägigen Kontrollwiegungen, während die Vollwiegung dazu eine weit bessere Übereinstimmung erbrachte.

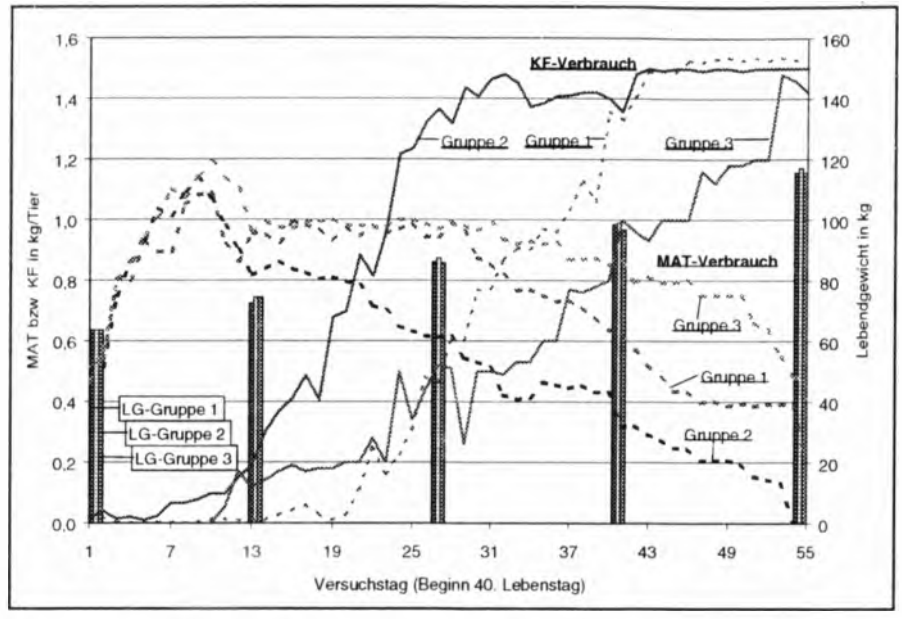


Abb. 1: Verlauf der Futteraufnahme und des Tiergewichtes über die Versuchsperiode
Development of feed intake and body weight during the experimental period

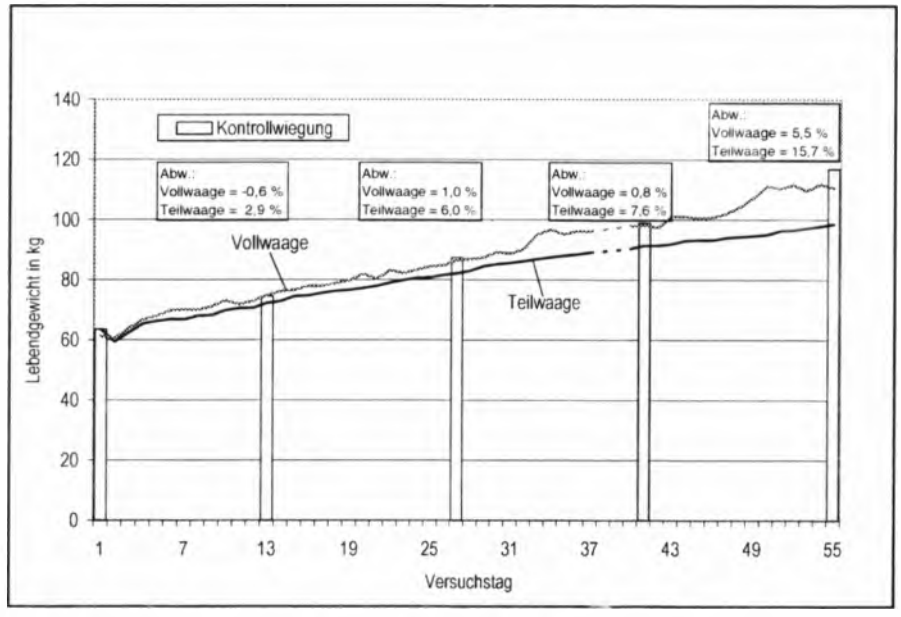


Abb. 2: Gewichtserfassung mit verschiedenen Wiegesystemen
Weight recording by different weighing systems

4 Diskussion der Ergebnisse

Zur Senkung der Futterkosten und Förderung der Pansenentwicklung wird in der Fütterung von Aufzuchtkälbern eine frühzeitige Reduzierung der Milchtränke angestrebt. Um die Nährstoffversorgung für ein zügiges Wachstum mit angestrebten Mindestzunahmen von 700 g pro Tag sicherzustellen, ist eine entsprechende Zufütterung von festen Futterstoffen erforderlich. Nach neueren Erkenntnissen eignet sich dazu vor allem Kraftfutter mit hohen Energiegehalten, da die aus dem Verdauungsprozess entstehenden flüchtigen Fettsäuren die Ausbildung des Pansens und das Zottenwachstum beschleunigen. Heu sollte dagegen erst nach der Entwöhnungsphase zum Einsatz kommen.

Beide Versuchsvarianten sind in der Abtränkgeschwindigkeit der Kontrollgruppe überlegen. Der Kraftfutterverzehr als Steuergröße führt jedoch zu einem verzögerten Beginn der Futteraufnahme, da offensichtlich durch die enge Wechselwirkung zwischen Milch- und Kraftfutterverzehr erst ein verzögerter Anreiz zur Aufnahme des Kraftfutters entsteht. Eine zuverlässige Steuergröße stellt wie bereits in früheren Versuchen das Tiergewicht dar, in dem alle für das Wachstum bedeutsamen Einflussfaktoren erfasst werden.

Von den beiden Waagentypen bringt die Vollbrücke die größere Sicherheit. Allerdings bereitet die Anpassung der Größe der Wiegeplattform an die unterschiedlichen Tiergrößen Probleme, so dass Fehlwiegungen durch nur teilweises Betreten oder Doppelbelegungen durch zwei Tiere entstehen können. Der Einsatz der einfacher zu handhabenden Teilwaage wird durch nachgewiesene Korrelationen von Teil- zu Vollgewicht ermöglicht. Allerdings weist die systematische Abweichung mit zunehmendem Tiergewicht darauf hin, das der angewandte Umrechnungsschlüssel eines dem Tierwachstum angepassten Korrekturfaktors bedarf.

5 Betriebswirtschaftliche Auswirkungen

Durch Einsparungen des kostenaufwendigen Milchaustauschpulvers zugunsten des preiswerteren Grund- und Kraftfutters bringt die automatisierte tierindividuelle Programmierung in einem geschlossenen Regelkreis eine deutliche Verminderung der Futterkosten (Tab. 2). Die Einsparung gegenüber den manuellen Abtränkeverfahren nach Alter beträgt DM 13,00 bei der Steuerung nach Kraftfutterverzehr und DM 31,00 bei der effizienteren Regelung nach Tiergewicht.

Tab. 2: Futterverbrauch, Gewichtsentwicklung und Futterkosten
Feed intake, body weight gain and feed costs

	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe		
		Kosten			Kosten			Kosten	
	kg/Kalb	DM/kg	DM/Kalb	kg/Kalb	DM/kg	DM/Kalb	kg/Kalb	DM/kg	DM/Kalb
Milchaustauscher	41,7	2,31	96,33	31,2	2,31	72,07	48,8	2,31	112,73
Kälberstarter	36,8	0,37	13,62	52,4	0,37	19,39	29,0	0,37	10,73
Maissilage	23,3	0,07	1,63	28,5	0,07	2,00	18,7	0,07	1,31
Heu	11,3	0,20	2,26	11,2	0,20	2,24	11,6	0,20	2,32
Zuwachs	**52,0**			**53,4**			**52,1**		
Summe			113,83			95,70			127,09
DM/kg Zuwachs			2,19			1,79			2,44

Diesen Vorteilen sind die Investitionen für die erforderliche Gerätetechnik gegenüberzustellen (Tab. 3). Der Kraftfutterautomat erfordert etwa die doppelte Kaufsumme wie die Teilwaage. Sein Haupteinsatz ist in Tiergruppen mit unterschiedlichem Alter zu sehen, während in homogenen Gruppen die Trogfütterung für das Kraftfutter in Kombination mit der Wiegevorrichtung den Vorzug verdient.

Tab. 3: Investitionsbedarf für die Fütterungs- und Wiegetechnik
Investigations for feeding and weight technique

	Gruppe 1	Gruppe 2		Gruppe 3
		m. KF-Automat	o. KF-Automat	
Tränkeautomat (Pulverausführung) (incl. Standbegrenzung u. Erkennung)	8.940.- DM	8.940.- DM	8.940.- DM	8.940.- DM
30 Ohrtransponder	525,- DM	525,- DM	525,- DM	525,- DM
Summe:	**9.465,- DM**	**9.465,- DM**	**9.465,- DM**	**9.465,- DM**
Kraftfutterautomat (incl. Standbegrenzung u. Erkennung)	**4.233,- DM**	**4.233,- DM**		
Tierwaage (Vorderfußwaage)		1.240,- DM	1.240,- DM	
Steuerung (2 Anschlüsse vorbereitet)		830,- DM	830,- DM	
Summe:		**2.070,- DM**	**2.070,- DM**	
Gesamtsumme:	**13.698,- DM**	**15.768,- DM**	**11.535,- DM**	**9.465,- DM**

Tab. 4: Kosten und Rentabilitätsgrenze der zusätzlichen Techniken
Costs and margin of profitableness of the additional techniques

	Gruppe 1		Gruppe 2		
				m. KF-Automat	o. KF-Automat
Kraftfutterautomat (incl. Standbegrenzung u. Erkennung)	**4.233,- DM**		**4.233,- DM**		
Abschreibung (10 %)		423,30 DM		423,30 DM	
Unterhalt (1,5 %)		63,50 DM		63,50 DM	
Zinsansatz (3,5 %)		148,16 DM		148,16 DM	
Tierwaage (Vorderfußwaage)			**1.240,- DM**		
Abschreibung (10 %)				124,00 DM	124,00 DM
Unterhalt (5,0 %)				62,00 DM	62,00 DM
Zinsansatz (3,5 %)				43,40 DM	43,40 DM
Steuerung (2 Anschlüsse vorbereitet)			**830,- DM**		
Abschreibung (10 %)				83,00 DM	83,00 DM
Unterhalt (1,0 %)				8,30 DM	8,30 DM
Zinsansatz (3,5 %)				29,05 DM	29,05 DM
Summe:		**634,96 DM**		**987,71 DM**	**349,75 DM**
Futterkosteneisparung/Kalb		**13,26 DM**		**31,27 DM**	**31,27 DM**
Rentabilitätsschwelle (aufgez. Kälber/Jahr)		**48**		**32**	**11**

Analog zu den Investitionen verhalten sich die laufenden Kosten für die technische Ausrüstung (Tab. 4). Bei Gegenrechnung der erzielten Futterkosteneinsparung wird die Rentabilitätsschwelle in Gruppe 1 bei jährlich 48 aufgezogenen Kälbern und in Gruppe 2 bereits bei 32 bzw. 11 Kälbern erreicht. Damit ist sowohl von der Sicherheit als auch von den Kosten das Tiergewicht die effizientere Steuergröße als der Kraftfutterverzehr.

6 Zusammenfassende Wertung

Rechnergesteuerte Prozesse gewinnen in der Tierhaltung mit tiergerechten Laufstallsystemen aus arbeitswirtschaftlichen, ethologischen und ökonomischen Gründen zunehmende Bedeutung. Die Effizienz wird umso größer sein, je besser die Anpassung an die tierindividuellen Bedürfnisse und die Ausschöpfung der genetischen Potentiale gelingt.

In der Kälberaufzucht ist die automatisierte Programmierung der Tränkesollmenge in Prozessrechnern von Tränkeautomaten in einem geschlossenen Regelkreis durch das Tiergewicht oder die an Automaten registrierte Kraftfutterverzehrmenge als Eingangssteuergröße möglich. Das Tiergewicht hat sich vergleichsweise als der effizientere Parameter erwiesen. Die dafür erforderliche Teilwaage zur Erfassung der Tiergewichte erfordert nur relativ geringe Investitionen und lässt sich durch die eingesparten Futterkosten bereits mit wenigen, pro Jahr aufgezogenen Kälbern amortisieren.

Computer controlled milk feeding (closed loop) based on bodyweight or concentrate intake with calves

PIRKELMANN, HEINRICH AND FRANZ FREIBERGER

Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, 85586 Poing, Germany

For operational, ethological and economic reasons computer controlled techniques become more and more important in animal husbandry, especially with loose housing systems. The efficiency of those systems will be as high as the adoption to the individual needs of the animals and the utilization of the genetic potentials can be ensured .

In calve feeding the automatic programming and controlling of milk dispensers in a closed loop can be based on parameters as body weight or concentrate intake. In the present experiment controlling by body weight showed an earlier and higher concentrate intake and resulted in a lower consumption of milk replacer powder during the weaning period. The body weight can be recorded by a full or a partial weighing platform related to the front legs in the feeding box. The partial weigher is easier to handle with growing animals and leads to a satisfactory accuracy using a suitable factor for calculating the real body weight. The investments for the additional techniques are very low and already reach the margin of profitableness in case of a successful rearing of very few calves.

Automatische Erfassung der Körpertemperatur bei Kälbern während der Tränkeaufnahme – Stand der Produktentwicklung

HILDENBRAND, MARTIN[1], MARKUS KÄCK[1] UND THOMAS RICHTER[2]

[1] Fa. Förster-Technik GmbH, Gerwigstraße 25, D-78234 Engen
[2] Fachhochschule Nürtingen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Neckarsteige 6-10, D-72622 Nürtingen

1 Einleitung

Die erfolgreiche Aufzucht von Kälbern hängt wesentlich davon ab, wie weit Krankheiten frühzeitig erkannt, vermieden, bzw. erfolgreich bekämpft werden können. Die Kälberverluste liegen deutschlandweit oft höher als 10 % und verursachen einen Schaden von 130 bis 200 Mio. DM (MÜNNICH 2000; PLATEN UND REITER 1998).

Die Körpertemperatur spielt bei der Beurteilung des Gesundheitszustandes von Kälbern eine entscheidende Rolle. Viele Infektionskrankheiten, wozu insbesondere die virusbedingten Atemwegserkrankungen bei Kälbern zählen (RICHTER UND DOBLER 1999), zeigen zu Beginn keine oder sehr undeutliche Krankheitssymptome. Sie können einzig anhand einer typischen, meist zweiphasig verlaufenden Fieberkurve (Abb. 1) diagnostiziert werden (FINGER 1999). Besonders für solche Erkrankungen hat die automatische, kontinuierliche Erfassung der Körpertemperatur bereits vor dem Auftreten typischer Krankheitssymptome frühdiagnostische Bedeutung. Sie kann die Kosten für Tierbehandlung oder Tierverlust nachhaltig senken.

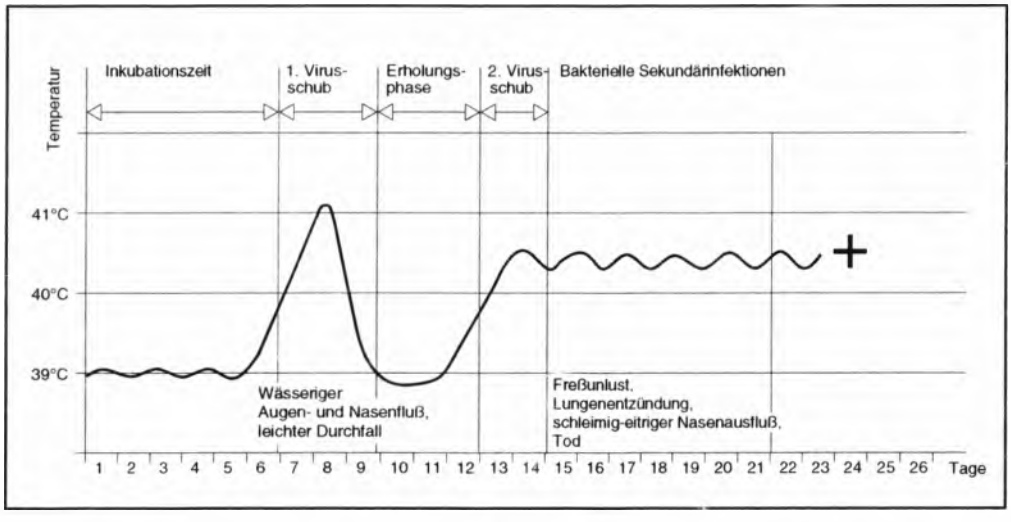


Abb. 1: Typische zweiphasige Fieberkurve bei Kälbergrippe (SCHRAG 1980, verändert)
Typical two-phase fever curve in case of calf influenza (SCHRAG 1980, modified)

In Fortführung der Arbeiten von DOBLER (1996) sowie RICHTER UND DOLBER (1999) wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens „Früherkennung von Erkrankungen bei Kälbern“[1] Labor- und praktische Untersuchungen zur Weiterentwicklung der Temperaturerfassung über Saugnuckel durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen war, im Rahmen der Produktentwicklung diese neuartige Technologie zur Messung der Körpertemperatur während der Tränkeaufnahme über Saugnuckel zur Serienreife zu bringen. Im besonderen galt es, verschiedene Nuckel mit integrierten Temperaturfühlern daraufhin zu untersuchen, inwieweit sie geeignet sind, die Körpertemperatur bei Kälbern am Tränkeautomaten während des Tränkens automatisch zu erfassen.

2 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchungen fanden zwischen 1999 und 2000 im Versuchstall der Firma Förster-Technik GmbH mit insgesamt 27 weiblichen und männlichen Fleckviehkälbern verschiedenen Alters statt, die über einen „Stand Alone 2000“-Tränkeautomaten versorgt wurden.

Es wurden zwei im Ansatz verschiedene Nuckeltypen untersucht. Im ersten Fall wurde ein handelsüblicher Nuckel der Firma HIKO verwendet. Bei dieser Konstruktion ohne Heizelement befindet sich die Tränke im gesamten Innenraum des Nuckels. Der Temperatursensor sitzt in einer Ausspaarung der Nuckelwandung (Abb. 2).

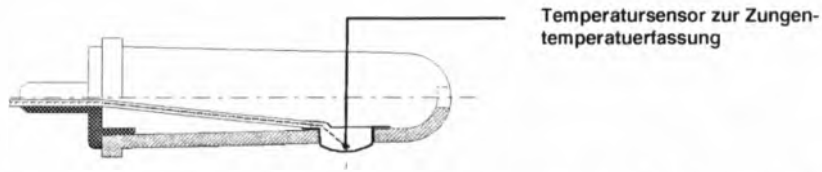


Abb. 2: Nuckelkonstruktion 1 zur Zungentemperaturmessung ohne integrierte Heizung (Längsschnitt)
Teat construction 1 to measure the temperature of the tongue without integrated heating (longitudinal section)

Der zweite Nuckeltyp war eine Eigenkonstruktion der Firma Förster-Technik GmbH. Dieser Nuckel besteht aus zwei getrennten Kammern: In der oberen fließt die Tränke, in der unteren befindet sich die einschiebbare Mess- und Heizsensorik (Abb. 3). Sie besteht aus dem Temperatursensor zur Zungentemperaturerfassung und einer Heizvorrichtung mit einem eigenen Temperatursensor. Die intelligente Heizungssteuerung regelt die Heizungstemperatur immer knapp unter die jeweils gemessene Zungentemperatur. Dadurch soll die Temperaturdifferenz zwischen Nuckel und Zungentemperatur möglichst klein gehalten, das Messergebnis aber nicht verfälscht werden. Der Temperatursensor zur Zungentemperaturerfassung ist durch eine hinten am Temperaturfühler angebrachte Isolierschicht gegenüber der Tränketemperatur im Nuckel geschützt.

Die Messwerterfassung erfolgte vollautomatisch über ein speziell entwickeltes PC-gestütztes Messprogramm, sobald ein Tier mit Tränkeanrecht den Tränkestand betrat. Die Tränketemperatur wurde mit einem separaten Temperaturfühler direkt am Nuckeleintritt erfasst (Abb. 3). Über eine separate Steuer- und Regelplatine wurden die Messwerte von Zunge,

---

[1] Forschungsprogramm „Innovative Projekte“ an den Fachhochschulen Baden-Württembergs.
Projektpartner: FH Nürtingen, Fachbereich Agrarwirtschaft; Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik; Fa. Förster-Technik GmbH

Heizung und Tränke auf den PC übertragen, graphisch dargestellt und abgespeichert. Direkt nach der automatischen Messung wurde die Rektaltemperatur mit einem digitalen Fieberthermometer ermittelt.

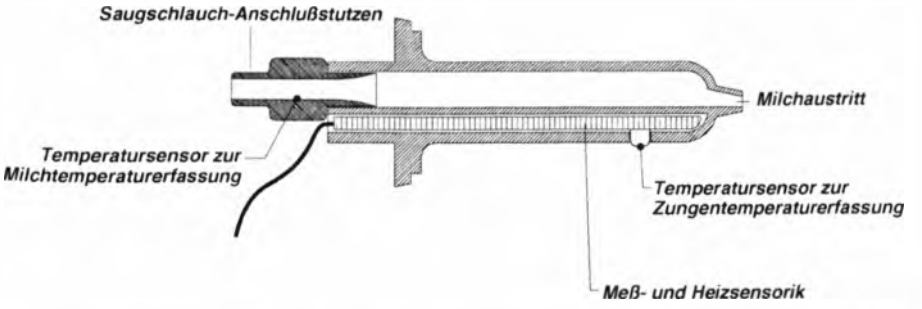


Abb. 3: Nuckelkonstruktion 2 zur Zungentemperaturmessung mit integrierter Heizung (Längsschnitt)
Teat construction 2 to measure the temperature of the tongue with integrated heating (longitudinal section)

3 Ergebnisse und Diskussion

Mit der Nuckelkonstruktion 1 (ohne Heizung) konnte die grundsätzliche Eignung des im Saugnuckel integrierten Temperatursensors zur Zungentemperaturmessung bestätigt werden. Die Untersuchungen zeigten aber auch, dass eine erfolgversprechende Zungentemperaturmessung nur während der Tränkeaufnahme möglich ist, da nur dann die Kälber den Saugnuckel kontinuierlich und lange genug im Maul haben.

Nachteilig zeigte sich diese Konstruktion insbesondere infolge der langen Ansprechzeit. Nach 120 Sekunden konnte lediglich bei 19 % der Kälber (Abb. 4) eine Zungentemperatur gemessen werden, die höchstens ±0,5 °C von der Rektaltemperatur abweicht. Vor allem kurzzeitige Unterbrechungen des Saugvorganges seitens der Kälber hatten eine deutliche Abkühlung des Temperaturfühlers und des Saugnuckels zur Folge. Da die Messungen überwiegend bei normaler Körpertemperatur erfolgten und die Kälber bei Fieber noch häufiger das Saugen unterbrechen, dürfte sich die Zeit bis zum Erreichen eines stabilen Wertes bei kranken Tieren noch verlängern.

Bei Nuckelkonstruktion 2 (mit integrierter Heizung) konnte ein deutlich verbessertes Ansprechverhalten festgestellt werden. Wie der Abbildung 4 zu entnehmen ist, wurde schon nach 120 Sekunden bei 96 % der Kälber eine Zungentemperatur gemessen, die höchstens 0,5 °C von der Rektaltemperatur abweicht. Im Vergleich zum ersten Nuckeltyp wurde die Rektaltemperatur demnach viel früher erreicht. Mit einer Korrelation von $r^2 = 0{,}658$ (Abb. 5) im Vergleich zu $r^2 = 0{,}092$ bei Konstruktion besteht auch statistisch ein engerer Zusammenhang zwischen den Messwerten von Zungen- und Rektaltemperatur.

Bis zum Ende der Messzeit wurde die rektal gemessene Kontrolltemperatur durchschnittlich um 0,3 K, bei einzelnen Tieren bis zu 0,5 K überschritten (Abb. 6). Die Ursache für diese höhere Zungentemperatur dürfte darin liegen, dass das Rektum nahe an der Körperschale liegt und damit von der Außentemperatur beeinflusst wird, während die Zunge beim Trinkakt sehr

gut durchblutet ist und damit die Zungentemperatur einen wahreren Wert der Körperkerntemperatur darstellt. Für eine Krankheitsfrüherkennung ist dies eher von Vorteil.

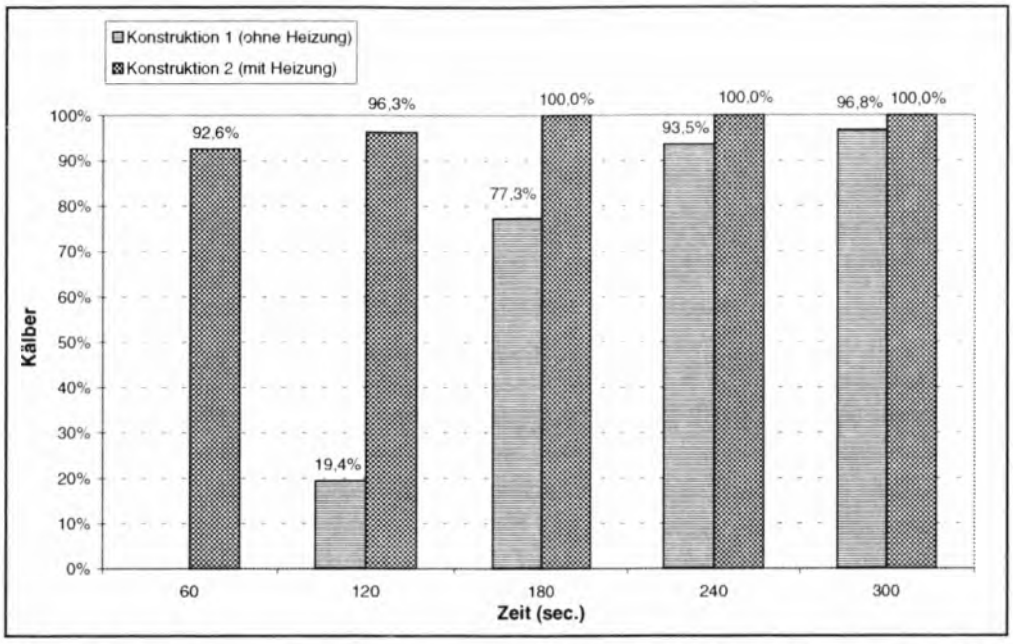


Abb. 4: Kälber, deren gemessene Zungentemperaturen in Abhängigkeit von der Zeit im Bereich von ±0,5 °C um die Rektaltemperatur liegen
Number of calves whose tongue temperature, being ±0,5 °C around the temperature taken rectally, has been measured in dependency on time

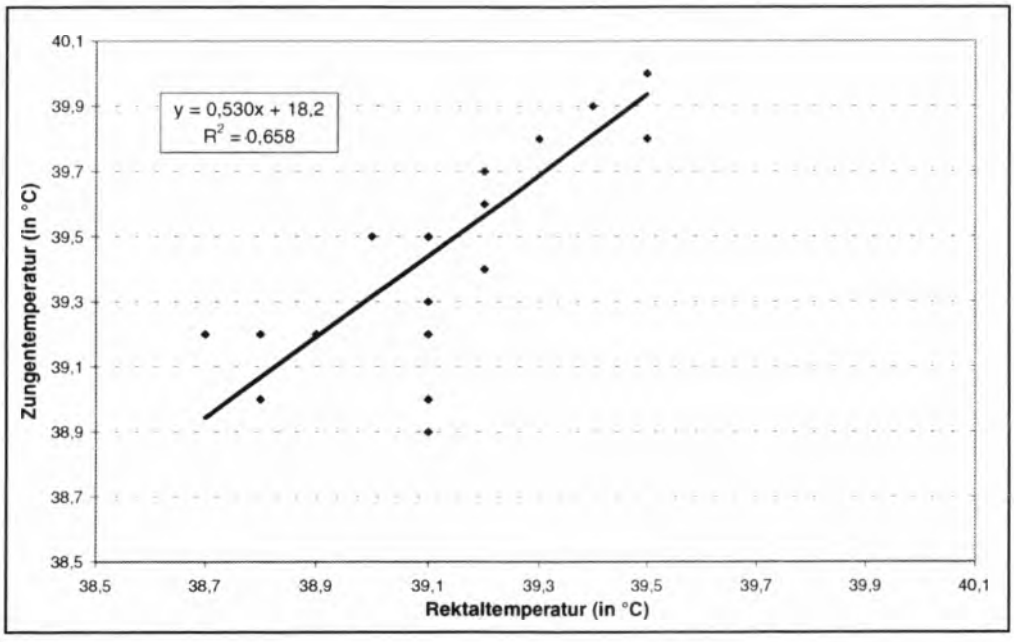


Abb. 5: Nuckelkonstruktion 1: Korrelation zwischen den Messwerten von Zungen- und Rektaltemperatur
Construction 1: Correlation between the measurement of tongue temperature and the temperature taken rectally

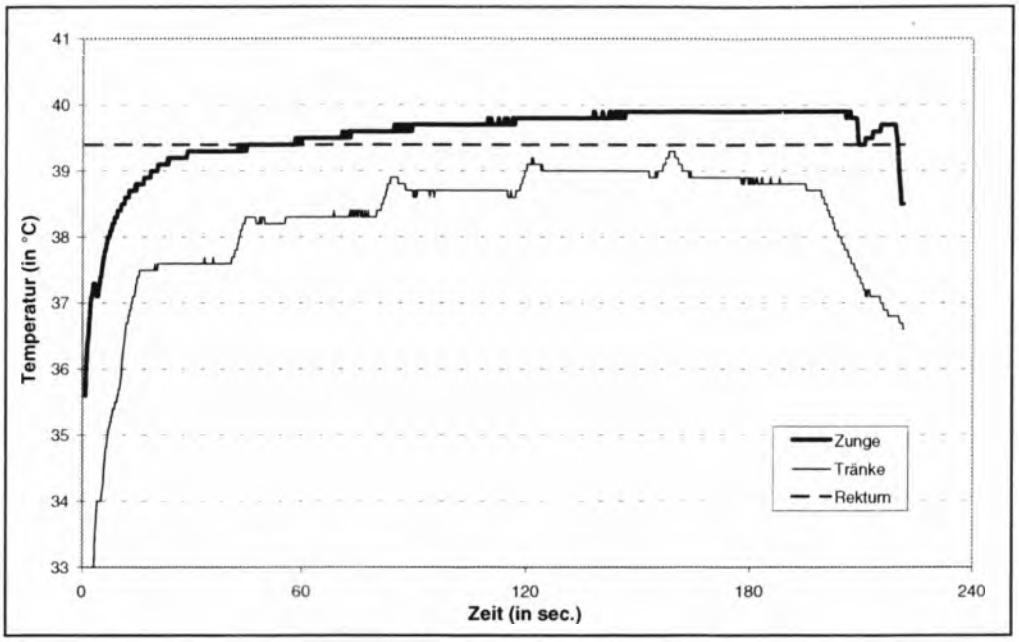


Abb. 6: Nuckelkonstruktion 2: Verlauf von Zungen- und Tränketemperatur während des Saugvorganges - Beispiel eines Kalbes
Teat construction 2: Development of tongue- and milk temperature during sucking process - example of a calf

Durch die im Nuckel integrierte Heizung wird also die Rektaltemperatur schneller erreicht und der Einfluss der Außentemperatur verringert. Zusätzlich wird ein messtechnisch bedingter Wärmeableitfehler, der durch die Temperaturdifferenz zwischen Zunge und Nuckel entsteht, minimiert.

Sowohl die Laborversuche im Wasserbad, als auch die Praxisversuche haben gezeigt, dass die Temperatur der ‚Tränke einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf das Messergebnis haben kann. Eine fortlaufende Tränketemperaturkontrolle direkt am Saugnuckel mit Hilfe eines eigenen Temperatursensors ist demnach unabdingbar, um einen möglichen Einfluss der Tränketemperatur berücksichtigen zu können.

Die wichtigste Voraussetzung für den Einsatz der Zungentemperaturmessung zur Bestimmung der Körpertemperatur ist jedoch eine gute Akzeptanz des Nuckels. Sie ist in der Hauptsache verantwortlich für den notwendigen Kontakt zwischen Temperaturfühler und Kälberzunge.

4 Zusammenfassung

Der Vergleich zweier Nuckelkonstruktionen (mit bzw. ohne integrierte Heizung) zeigte, dass grundsätzlich die Zungentemperatur von Kälbern über einen am Saugnuckel integrierten Temperatursensor während der Tränkeaufnahme gemessen werden kann.

Durch die integrierte Heizung wurde die Rektaltemperatur schneller erreicht, die Korrelation zwischen den Messwerten von Zungen- und Rektaltemperatur stieg von $r^2 = 0{,}092$ auf $r^2 = 0{,}658$. Der Einfluss der Außentemperatur wurde geringer und das Messergebnis insgesamt sicherer. Die Heizungstemperatur musste jedoch ständig überwacht und geregelt werden.

Um einen Einfluss der Tränke auf das Messergebnis auszuschließen, wurde die Tränketemperatur ständig kontrolliert und knapp unter der Körpertemperatur gehalten.

5 Literatur

DOBLER, B. (1996): Nutzung der elektronischen Körpertemperaturmessung zum Kälbermanagement. Diplomarbeit, FH Nürtingen

FINGER, T. (1999): Das richtige Handling für Kälber und Jungrinder. Rinderwelt, 1998, H. 2

HILDENBRAND, M. (2000): Untersuchungen zur automatischen Körpertemperaturmessung bei Kälbern am Tränkeautomaten. Diplomarbeit, FH Nürtingen

HILDENBRAND, M. (2000): Unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse, Engen

MÜNNICH, A. (2000): Tierärztliche Aspekte der Kälbergesundheit im geburtsnahen Zeitraum - Verlustursachen. DGfZ-Schriftenreihe: Kälber- und Jungrinderaufzucht, H. 20, Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., Bonn

PLATEN, M. UND A. REITER (1998): Fast wie aus dem Euter. Neue Landwirtschaft, H. 11

RICHTER, T. UND B. DOBLER (1999): Automatische Messung der Zungentemperatur bei Kälbern zur Gesundheitsüberwachung und Krankheitsfrüherkennung. 4. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung", Weihenstephan, S. 243-248

SCHRAG, L. (1980): Gesunde Kälber - Gesunde Rinder. Verlag Ludwig Schober, Hengstenberg

Automatic recording of the body temperature of calves during feeding – State of product development

HILDENBRAND, MARTIN[1], MARKUS KÄCK[1] AND THOMAS RICHTER[2]

[1] Fa. Förster-Technik GmbH, Gerwigstraße 25, D-78234 Engen
[2] Fachhochschule Nürtingen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Neckarsteige 6-10, D-72622 Nürtingen

Two different teat constructions with integrated temperature probes have been tested with the intention to find out whether they are suitable for recording the body temperature of calves by measuring the tongue temperature. The temperature taken rectally served as comparative figure.

The second variant with a controlled teat heating was more convincing than the one without heating due to the following: rapid display of the tongue temperature (after 120 sec.), greater independence of cold outdoor temperatures and better correlation ($r^2 = 0{,}658$) between tongue temperature and temperature taken rectally.

In order to prevent the milk from having an influence on the measuring result, the temperature of the milk has been set just below the body temperature.

Auswertung des Verhaltens von Tieren mit einem automatischen Bildanalysesystem am Beispiel von Aufzuchtferkeln

HAIDN, BERNHARD UND MARTIN FREIBERGER

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, TU München, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising-Weihenstephan

1 Einleitung und Zielstellung

Das Verhalten von Tieren kann je nach Fragestellung mit unterschiedlichen Methoden erfasst werden. Neben der automatischen Aufzeichnung von Daten über elektronische Hilfsmittel (z.B. System ETHOSYS® oder Tieridentifizierung über Selektionstore) ist die Direktbeobachtung sowie die Auswertung von Bild-/Videodaten am gebräuchlichsten. Dabei werden in der Regel Verhaltensweisen und Aufenthaltsorte der Tiere visuell erfasst, Daten überwiegend manuell in Computerprogramme übertragen und dann Häufigkeiten und/oder zeitliche Dauer von Funktionskreisen/Verhaltensweisen an bestimmten Orten ermittelt. Diese personengebundenen Analysen des Tierverhaltens erfordern meist einen hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand. Bei der Versuchsanstellung müssen deshalb meist enge Grenzen bezüglich des Stichprobenumfangs (Versuchstage und Versuchsvarianten) gesetzt werden.

Eine zumindest in Teilbereichen bzw. für bestimmte Fragestellungen automatisierte Bildanalyse kann benötigte Informationen schneller liefern und wegen eines größeren Stichprobenumfangs die natürliche Streuung besser wiedergeben.

Unsere derzeit laufenden Untersuchungen haben folgende Ziele:

- Vollständig automatisiertes Speichern der Einzelbilder als Digitalbild von einer oder mehreren Videokameras je nach Fragestellung auch in einer hohen Bildfrequenz (bis zu 24 Bilder pro Sekunde).
- Auswertung der aufgezeichneten Bildfolgen durch
  1. Bestimmung der Tierzahl in einem bestimmten Bildbereich
  2. Bestimmung der Tierposition (x/y-Koordinaten) des Einzeltieres relativ zum gesamten Aufenthaltsbereich der Tiere
  3. Datenanalyse und Ziehen von Rückschlüssen auf Verhaltensweisen.

     Die Auswertungsschritte 1. bis 3. sollten bei niedrigen Bildfrequenzen bzw. je nach Rechnerleistung auch sofort während der Bilderfassung durchgeführt werden und nur die benötigten Daten gespeichert werden.

Im Rahmen des BML-Modellvorhabens 1999 für die Ferkelaufzucht wurde begonnen, die beschriebenen Ziele umzusetzen. Es werden die ersten Schritte hin zur automatisierten Auswertung gezeigt. Ferner werden die Voraussetzungen für eine erfolgreiche automatische Bildauswertung und ihre Probleme geschildert.

2 Material und Methode

Das Bildanalysesystem wurde in einem spezialisierten Ferkelaufzuchtbetrieb mit ca. 2 000 Aufzuchtplätzen erstmalig zur Beantwortung der Frage „Wann halten sich wieviele Tiere in bestimmten Funktionsbereichen einer Bucht auf?" eingesetzt.

2.1 Versuchsbucht

Auf dem Praxisbetrieb werden die Ferkel in einem wärmegedämmten Stallgebäude mit teilperforierten Buchten (L: 8,46 m, B: 3,30 m) gehalten (Abb. 1). Die Gruppengröße der Versuchsbucht betrug 82 Tiere mit einem durchschnittlichen Gewicht von etwa 18 kg. Der planbefestigte Liegebereich ist als nicht wärmegedämmte Kiste (1,50 m x 5,96 m) ausgeführt. Dessen Boden ist gefliest und wird bei Bedarf (v. a. in den ersten Wochen nach Einstallung) über eine Fußbodenheizung erwärmt. Der ebenfalls geflieste Fressplatz mit Rohrbreiautomaten (8 Fressstellen) ist rechwinkelig zum Kontrollgang angeordnet. Die 0,9 m breite Buchtenfläche um die Ferkelkisten ist mit vollperforierten Kunststoffrosten versehen.

Wegen der sehr langen Bucht und der dafür zu geringen Raumhöhe mussten 4 Videokameras (in 2,2 m Höhe) eingesetzt werden, damit Fress-, Kot- und Bewegungsbereich gleichzeitig im Blickfeld waren (Abb. 1). Lediglich der Liegebereich in den Kisten war nicht einsehbar, wenn diese geschlossen waren.

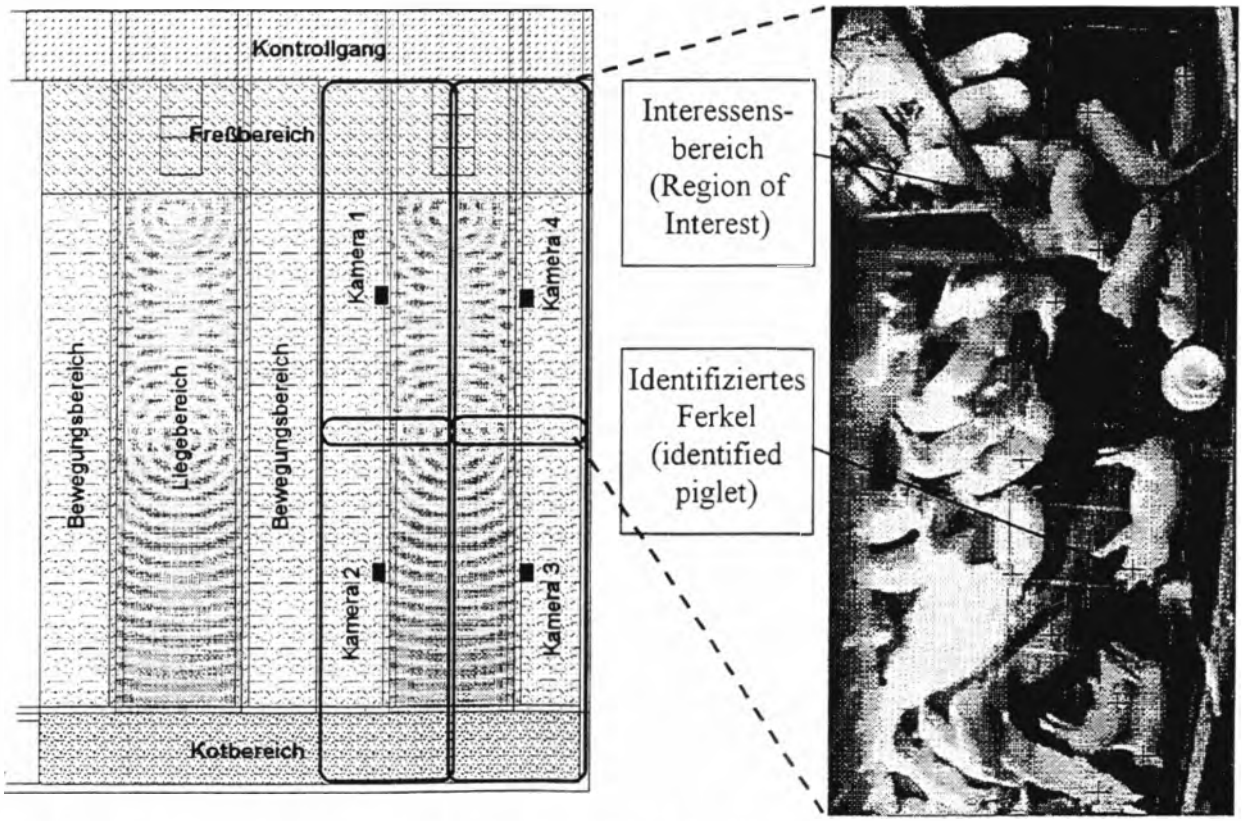


Abb. 1: Definition der Verhaltensbereiche und Bild der Kamera 4 mit Interessensbereich und gefundenen Tieren
Definition of behaviour areas and an image of Camera 4 with "Region of Interest" (ROI) and identified piglets

Die verschiedenen Funktionsbereiche wurden in der ersten und fünften Woche nach Einstallung für mindestens 48 Stunden überwacht. Für die Aufnahmen während der Nachtphase wurde eine Minimalbeleuchtung (Beleuchtungsintensität 0,6 - 1,8 lux) installiert. Die Bilder der Kameras wurden im 30 Sekundentakt von dem Bildanalysesystem abgefragt und digitalisiert gespeichert. Bei der nachfolgenden ersten Sichtung der Bilder stellten sich vier Kameras als zu wenig heraus, da die Einsicht in den Fütterungsbereich durch Einrichtungsgegenstände und Parallaxefehler verschlechtert wurde. Bei zukünftigen Aufnahmen in diesem Stall werden deshalb zwei zusätzliche Videokameras eingesetzt.

2.2 Bildanalysesystem

Der Übergang von der analogen zur digitalen Bildaufzeichnung und -verarbeitung hat zahlreiche Vor- aber auch Nachteile. Entscheidend ist, dass Digitalbilder auf vielfältige Weise verwendet werden können, kein Qualitätsverlust durch die Wandlung des Analogbildes in ein digitales Bild entsteht und eine automatisierte Auswertung möglich ist. Als Nachteil muss die umfangreiche Einarbeitungszeit genannt werden, da für die automatisierte Bilderstellung und Auswertung neben speziellen Programmierkenntnissen eine entsprechende Hard- und Software erforderlich ist.

Die Hardware des Bildanalysesystems besteht aus einem leistungsfähigen PC (SCSI-System; 400 Mhz CPU; 256 Mbyte SDRam; 18,2 Gbyte HD; DAT Streamer 12-24 Gbyte) sowie je einer Farb- und Monochromframegrabberkarte mit jeweils 4 Bildeingängen, so dass insgesamt 8 Kameras parallel aufgezeichnet werden können.

Als Bildverarbeitungssoftware wird das in vielen Bereichen der Industrie und Wissenschaft verbreitete Programm „Optimas" (Hersteller: Media Cybernetics®) verwendet. Neben zahlreichen Möglichkeiten der Bildbearbeitung und Objektsegmentierung stehen zur Analyse eine halbautomatische und automatische Objektidentifizierung, sowie Kalibriermöglichkeiten für Maßeinheiten und Korrekturen von räumlichen Verzerrungen zur Verfügung. Für die Bewegungs- und Volumenauswertung aus Sequenz- und Schrittfolgen sind integrierte Werkzeuge vorhanden. Die Automatisierung ermöglicht ein Makrogenerator. Sie kann über die C-ähnliche Programmiersprache ALI (Analytical Language for Images) ausgebaut werden. Die Bild- und Datenausgabe ist über alle gängigen Formate und Schnittstellen möglich.

Für die automatische Bildaufzeichnung und -auswertung wurde ein Programm in der Programmiersprache ALI/C erstellt. Das Auswertungstool steuert für jedes Bild zahlreiche Umformungs- und Analyseroutinen. Einige davon sind:

- Verschiedene Filter wie
  - Stop-Motion-Filter (Entfernung von Unschärfen in Folge von Bewegung)
  - Erode- und Dilate-Filter (Dehnung und Minderung der Grauwerte)
  - Thinning-Filter (Vereinzelung verbundener Strukturen eines Binärbildes)
- Abgleich von Luminanzschwankungen innerhalb des Bildes
- Erstellung eines Binärbildes (s/w)
- Überprüfung abweichender Vektorlängen über das Längen-/Breitenverhältnis und die Objektform
- Zuweisung einer Punktmarkierung
- Initialisierung einer DDE-Verbindung nach Excel und Übergabe folgender Parameter: Auswertungszeit, Anzahl gefundener Objekte (Tiere), Datum und Uhrzeit der Bilderstellung, x/y-Position des Einzeltiere (derzeit noch nicht realisiert).

Zukünftig sollen weitere Routinen eingebaut werden, um das Auswertungsergebnis zu verbessern.

3 Ergebnisse

In dem gewählten Beispiel war eine schwierige Fragestellung zu bewältigen. Dies wurde zunächst bewusst so gewählt, um Probleme und Grenzbereiche festzustellen und die Weiterentwicklung der Programme in die richtige Richtung zu betreiben.

3.1 Ergebnisbeispiel

Beispielhaft soll das Auswertungsergebnis von Videokamera 4 über einen 24-Stundentag zur Darstellung des bisherigen Standes der automatisierten Bildanalyse herangezogen werden. Alle Tiere, die sich in diesem Teilbereich der Bucht ganz oder mit mindestens einer Körperhälfte aufhielten, wurden gezählt. Zur Bestimmung der Qualität der automatischen Auswertung dient das Ergebnis einer visuellen personengebundenen Auswertung der gleichen Bilder. In einem ersten Schritt wurde auf die Festlegung der x/y-Koordinaten verzichtet, da zunächst erst einmal die Tiere vom Analysesystem gefunden werden müssen.

Im Tagesverlauf wurden von der 4. Videokamera 2 776 Bilder erstellt. Die personengebundene Auswertung ergab, dass darauf insgesamt 28 157 Tiere (durchschnittlich 10,1 Tiere/Bild) enthalten sind. Das automatische Bildanalysesystem erkannte insgesamt 24 792 Tiere, wobei in 672 Bildern 1 541 Tiere mehr entdeckt wurden als tatsächlich vorhanden waren. Werden diese nicht berücksichtigt, ergibt sich ein Auswertungserfolg von 82 %. Durchschnittlich wurden 2,36 Tiere je Bild nicht richtig erkannt. Aus Abbildung 2 geht hervor, dass nur in 14,2 % der Bilder das gleiche Ergebnis beider Auswertungsmethoden erzielt werden konnte. Mit 65,3 % überwiegen Abweichungen im Bereich von zu wenig erkannten Tieren gegenüber 20,5 % mit zu vielen.

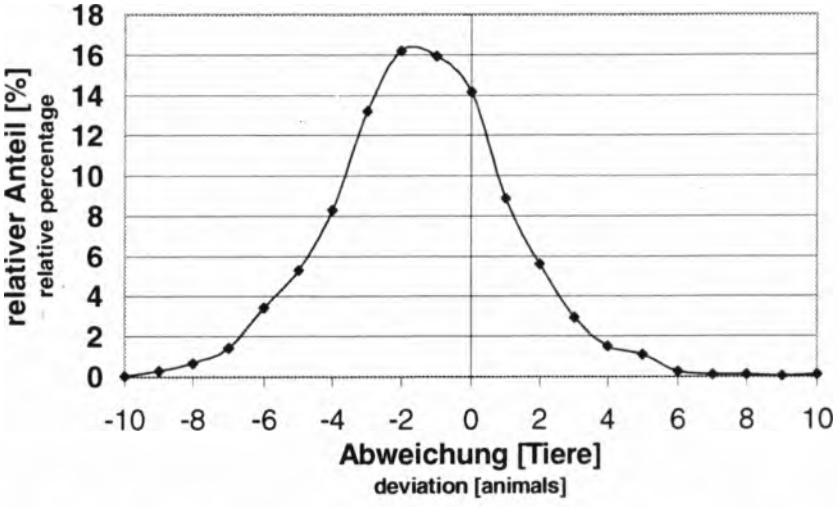


Abb. 2: Abweichung der automatisierten Bildauswertung von der Referenzauswertung
Deviation of the automatically analysed images from the analyses by a person

Die Abweichung der Einzelbilder beider Auswertungsergebnisse ist in Abbildung 3 zu sehen. Darin werden die erheblichen Schwankungen der Qualität der automatischen Auswertung deutlich. Bei bestimmten Verhaltenssituationen (z. B. Haufenlage) wurden erheblich weniger Tiere erkannt als tatsächlich im Interessensbereich anwesend waren. In Zeiten, in denen die Differenz positiv ist (0:00-3:00 und 20:00-22:00 Uhr), befinden sich meist keine oder nur 1 - 2 Tiere im Interessensbereich. Das System erkennt Lichtreflexionen an nassen Stellen als Tiere.

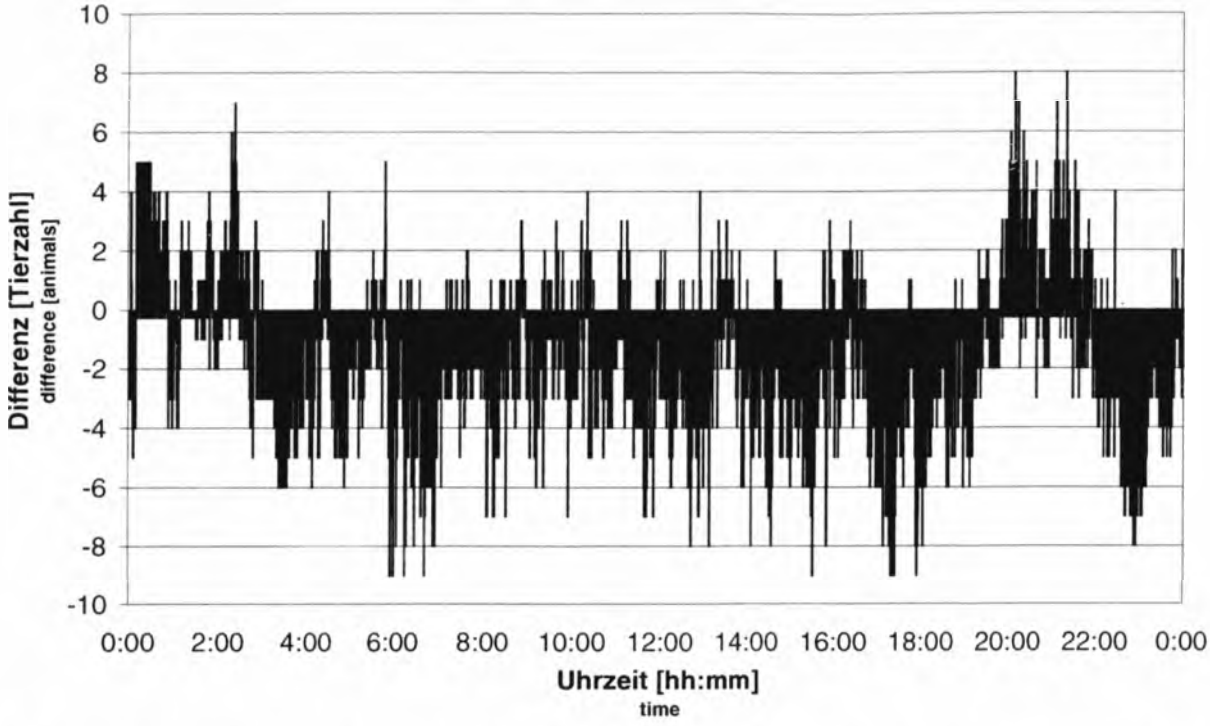


Abb. 3: Abweichung der automatisierten Bildauswertung von der Referenzauswertung im Tagesverlauf
Deviation during a 24-hour-day of the automatically analysed images from the analyses by a person

3.2 Fehlerursachen

Das erzielte Ergebnis kann derzeit natürlich noch nicht zufrieden stellen. Um dieses zu verbessern, müssen die Fehlerursachen gefunden und beseitigt werden. Folgende Problembereiche können festgestellt werden:

- Die Erfassung der Gesamtbucht über vier verschiedene Videokameras erzeugt viele Übergangsbereiche, in denen Tiere nur teilweise zu sehen sind. Die Objektzuweisungen in Rand- bzw. Übergangsbereichen der Kameras sind nur bedingt möglich. Die Sicht einschränkende Gegenstände verschlechtern ebenfalls des Ergebnis.
  Abhilfe: Während der Erprobungsphase nur mit einer Videokamera eine kleinere Bucht überwachen.
- Wechselnde Beleuchtungsintensitäten im Tagesverlauf (z.B. Sonneneinstrahlung durch Stallfenster) können nur schwer automatisch korrigiert werden. Ebenso wirken sich Licht reflektierende Flächen (z.B. nasse Flächen) nachts stärker aus, da ihre Intensität relativ zur Lichtintensität der Umgebung höher ist. Die hochempfindlichen Videokameras reagieren durch zu weites Öffnen der Blenden.
  Abhilfe: Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden, Beleuchtungsintensität nachts etwas erhöhen.
- Objektklassifizierungen bei immenser Fülle verschiedener Körperpositionen sind nur bedingt möglich. Die Festlegung eines sog. „Standardferkels" liefert keine befriedigenden Ergebnisse.
  Abhilfe: Dieses Tool kann nur für bestimmte Fragestellungen (z.B. Tier an Tränke) eingesetzt werden.

- Objekttrennung bei Ferkeln in Haufenlage (Abb. 4) sehr schwierig. Sie gelingt weder durch Objektklassifizierung noch durch Farbdiffenzierung eindeutig.

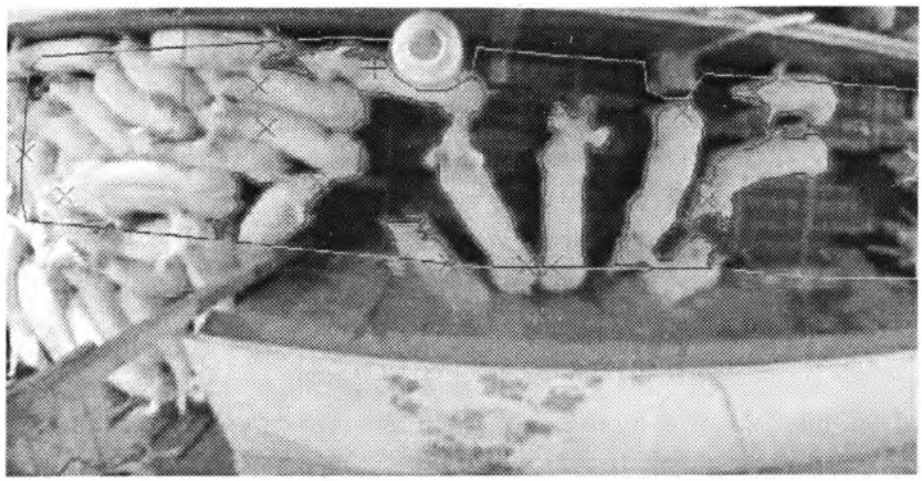


Abb. 4: Ferkel in Haufenlage
Bunch constellation of young pigs

3.3 Ausblick

Das hochgesteckte Ziel einer vollautomatischen Bildanalyse der Aufenthaltsbereiche von Aufzuchtferkeln konnte unter den geschilderten Bedingungen noch nicht erfüllt werden. Bei stärkerer Standardisierung der Rahmenbedingungen dürfte jedoch eine nahezu vollständige Erfassung der Einzeltiere möglich sein. Haufenlagen von vielen Tieren stellen auch zukünftig ein Problem der vollautomatisierten Bildanalyse dar.

Im nächsten Schritt wird das System unter günstigen Bedingungen getestet. Die eindeutige Ortsbestimmung über x/y-Koordinaten sowie die Möglichkeit der Bewegungsanalyse werden einbezogen.

Automatic image analysis of animal behaviour rearing piglets taken as an example

HAIDN, BERNHARD AND MARTIN FREIBERGER

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, TU München, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising-Weihenstephan

Usually analyses of animal behaviour call for a lot of staff and financial requirements. Taking rearing piglets as an example the possibilities of the image analysing system Optimas® are shown and pointed out which are the main problems and where are the limits.

During a 24-hour-day 2 776 images have been automatically recorded and analysed. In comparison to analyses by a person the success of the automatically analysed images reached 82 %. It is given a description of the reasons of the mistakes (e.g. illumination, cove size and structure) and of the possibilities to avoid them.

Ethologische und produktionsrelevante Einflüsse des Tier-Fressplatz-Verhältnisses bei der Fütterung von Mastschweinen an Rohrbreiautomaten

KIRCHER, ANNEGRET[1], ROLAND WEBER[2], BEAT WECHSLER[1] UND THOMAS JUNGBLUTH[3]

[1] Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, CH-8356 Tänikon
[2] Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, CH-8356 Tänikon
[3] Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, D-70593 Stuttgart

1 Einleitung

Die Fütterung von Mastschweinen war bis vor einigen Jahren auf wenige Verfahren beschränkt. Mastschweine wurden in der Regel rationiert am Trog gefüttert oder ad libitum mit Trockenfutterautomaten. In den letzten Jahren erfolgte eine rasante Entwicklung neuer Fütterungstechniken. Dabei handelt es sich vor allem um Breiautomaten und Rohrbreiautomaten. In der Schweinemast werden diese neuen ad libitum-Fütterungsverfahren mit unterschiedlichen Tier-Fressplatz-Verhältnissen betrieben. Eine genaue Aussage, wie weit das Tier-Fressplatz-Verhältnis unter dem Aspekt der Tiergerechtheit sein darf, kann mit dem heutigen Wissensstand noch nicht gemacht werden.

In der Schweiz unterliegen serienmäßig hergestellte Aufstallungssysteme und Stalleinrichtungen für landwirtschaftliche Nutztiere einem Prüf- und Bewilligungsverfahren (SCHWEIZER TIERSCHUTZGESETZ 1978). Bewilligungen werden nur erteilt, wenn die Anforderungen an eine tiergerechte Haltung erfüllt sind (WECHSLER UND OESTER 1998).

Ziel der Untersuchung war es, im Rahmen dieses Prüf- und Bewilligungsverfahrens die Auswirkungen von zwei Tier-Fressplatz-Verhältnissen an einem Rohrbreiautomaten für Mastschweine auf das Verhalten und die Leistung der Tiere zu untersuchen.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden im Schweinestall der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) in Tänikon durchgeführt. In einem Kistenstall wurden Gruppen mit 20 Tieren und 40 Tieren miteinander verglichen. Pro Gruppe war ein Rohrbreiautomat mit vier Fressplätzen zur ad libitum-Fütterung eingerichtet. In der 20er-Gruppe betrug das Tier-Fressplatz-Verhältnis 5:1, in der 40er-Gruppe 10:1. Je Gruppengröße wurden sieben Wiederholungen durchgeführt. Beim Einstallen wurden jeweils die fünf leichtesten und die fünf schwersten Tiere der Gruppe ermittelt. Diese Fokustiere wurden ausgewählt, um mögliche Unterschiede bei den verschiedenen Erhebungsparametern in Bezug auf die „Gewichtsklassen" erkennen zu können.

Nach einer Eingewöhnungszeit von zehn Tagen (Zeitpunkt „Einstallen") und vor dem Ausstallen der ersten schlachtreifen Tiere (Zeitpunkt „Ausstallen") wurden im Bereich des Futterautomaten 24-Stunden-Videobeobachtungen durchgeführt. Im 5-Minuten-Time Sampling

Verfahren wurde die Anzahl Tiere am Automaten ermittelt („Fressen"). Folgende Verhaltensweisen wurden kontinuierlich erhoben:

- Überbelegung des Automaten
  Mehr Tiere am Automaten als Fressplätze vorhanden.
- Aggression
  Eindeutig erkennbare aggressive Interaktion gegenüber einem Buchtengenossen, wie Schnappen, Beißen, Kämpfen.
- Verdrängung am Futterautomaten
  Ein fressendes Tier wird von einem zum Futterautomaten neu hinzukommenden Tier vom Fressplatz vertrieben.
- Erfolgloser Fressversuch
  Fressabsicht (Aufmerksamkeit eindeutig auf den Automaten gerichtet), die erfolglos verläuft, da der Automat mit fressenden Tieren belegt ist und das hinzu kommende Tiere keine Möglichkeit findet, an die Trogschale zu gelangen.
- Aufenthaltsdauer am Futterautomaten pro Besuch
  Betrat ein Tier mit Fressabsicht einen definierten Bereich um den Automaten, so wurde dieses Tier solange beobachtet bis es diesen Bereich wieder verlassen hatte. Dabei wurde die Aufenthaltszeit des Tieres am Automaten („Fressen") gemessen. Als „Fressen" war definiert, wenn sich der Kopf in der Trogschale befand. Nachdem das Tier den Bereich verlassen hatte, wurde das nächste Tier, welches den Bereich betrat, verfolgt.

Bei der Auswertung der Videobänder war während der Überbelegungszeiten des Automaten die Erfassung der kontinuierlich erhobenen Verhaltensweisen nicht möglich. Aus diesem Grund wurde die Häufigkeit dieser Verhaltensweisen je Stunde unter Berücksichtigung der Überbelegungszeit rechnerisch korrigiert. Die Häufigkeit der Verhaltensweisen wurde nur auf die Zeiten ohne Überbelegung je Stunde bezogen.

Zur Ermittlung der täglichen Zunahmen wurden die Einstall- und Ausstallgewichte der einzelnen Tiere erhoben.

Die Verhaltensparameter wurden mit dem Mann-Whitney U-Test auf signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppengrößen geprüft. Der Vergleich der täglichen Zunahmen erfolgte mit dem t-Test. Die Signifikanzgrenze für alle erhobenen Parameter wurde bei $p \leq 0{,}05$ festgelegt. Für die Auswertung der Verhaltensdaten wurden zwei Aktivitätszeiten ausgewählt. Mittels einer Cluster-Analyse wurde anhand des Verhaltensparameters „Anzahl Tiere am Automaten" einerseits der Zeitraum der Hauptaktivität („Tag") und andererseits ein Zeitraum mit geringer Aktivität („Nacht") bestimmt. Die Periode der Hauptaktivität lag zwischen 10:00 und 18:00 Uhr. Zwischen 21:00 und 1:00 Uhr war der Zeitraum mit geringer Aktivität.

Im folgenden werden nur die Ergebnisse vom zweiten Erhebungstermin („Ausstallen") dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Verhaltensparameter

Tagesverlauf des Fressens

Bei der ad libitum-Fütterung mit Rohrbreiautomaten zeigten die Mastschweine bei beiden Gruppengrößen einen biphasischen Tagesverlauf des Fressens. Es war eine ausgeprägte Nachtruhe festzustellen. Am „Tag" waren in der 40er-Gruppe je Stunde nahezu doppelt so viele Tiere am Automaten wie in der 20er-Gruppe. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppengrößen war signifikant ($p < 0{,}01$). In der „Nacht" gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppengrößen.

Überbelegung des Automaten

In der 20er-Gruppe trat in keiner der sieben Wiederholungen eine Überbelegung des Automaten auf. In der 40er-Gruppe gab es in drei von sieben Wiederholungen Zeiten mit Überbelegung. Diese lag im Durchschnitt bei 24 Minuten pro Tag. Die Unterschiede zwischen den Gruppengrößen waren auf Grund der großen Standardabweichung in der 40er-Gruppe nicht signifikant.

Aggressionen am Automaten

Abbildung 1 zeigt den Tagesverlauf der Aggressionen am Futterautomaten, korrigiert für die Zeiten ohne Überbelegung des Automaten. Die Aggressionshäufigkeit war in der 40er-Gruppe am „Tag" signifikant höher als in der 20er-Gruppe ($p < 0{,}01$). In der „Nacht" war der Unterschied zwischen den beiden Gruppengrößen hingegen nicht signifikant.

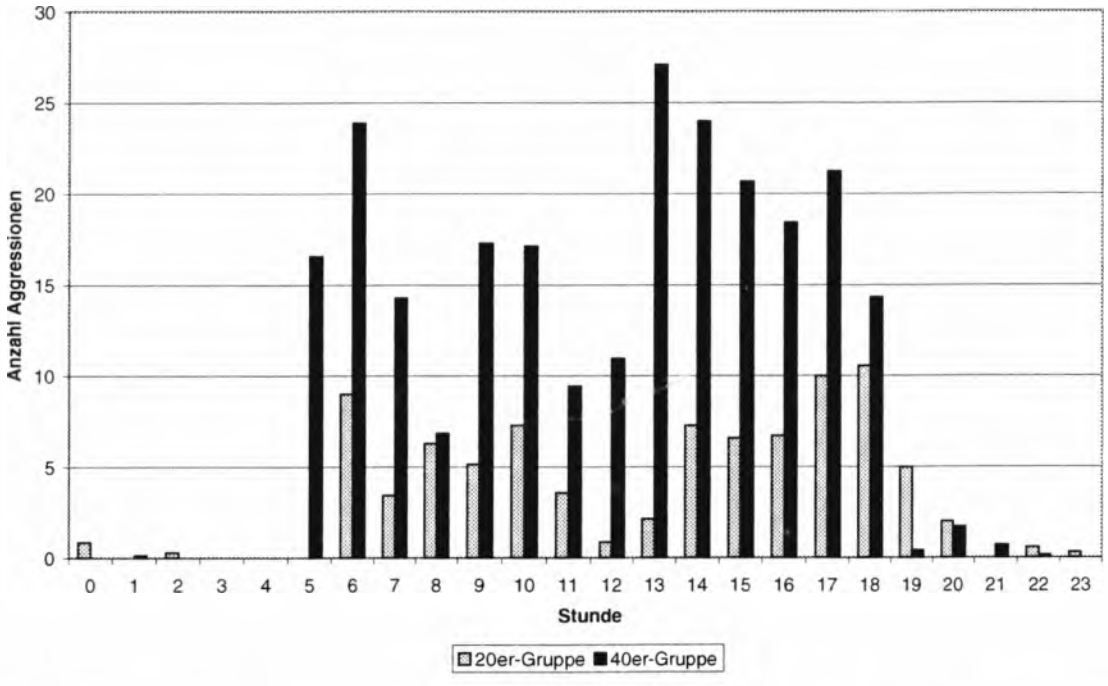


Abb. 1: Tagesverlauf der Aggressionshäufigkeit der Mastschweine (Mittelwerte pro Stunde) am Futterautomaten in Abhängigkeit von der Gruppengröße
Frequency of aggressive behaviour of fattening pigs (mean value per hour) at a tube feeder. Data of groups of 20 and 40 fatteners were compared

Verdrängungen am Automaten und erfolglose Fressversuche

Vergleicht man die Häufigkeit der Verdrängungen am Automaten der beiden Gruppengrößen miteinander, so war diese am „Tag" in der 40er-Gruppe signifikant größer als in der 20er-Gruppe. In der „Nacht" war der Unterschied zwischen den Gruppengrößen hingegen nicht signifikant (Tab. 1).

Die Häufigkeit der erfolglosen Fressversuche war in der 40er-Gruppe am „Tag" signifikant größer als in der 20er-Gruppe. In der „Nacht" waren fast keine erfolglosen Fressversuche zu verzeichnen und der Unterschied zwischen den beiden Gruppengrößen war nicht signifikant (Tab. 1).

Tab. 1: Häufigkeit von Verdrängungen und erfolglosen Fressversuchen am Futterautomaten (Mittelwert pro Stunde, Standardabweichung SD) in Abhängigkeit von der Gruppengröße (20 oder 40 Tiere pro Gruppe)
Frequency (mean value per hour, standard deviation SD) of displacements and unsuccessful feeding attempts at a tube feeder in groups of 20 and 40 fattening pigs

Aktivitätszeit	„Tag"					„Nacht"				
Gruppengröße	20er		40er		p	20er		40er		p
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
Verdrängungen	1,7	1,1	17,9	11,8	<0,01	0,1	0,3	0,4	1,0	n.s.
erfolglose Fressversuche	0,3	0,4	3,5	3,1	<0,01	0,0	0,0	0,03	0,08	n.s.

n.s. nicht signifikant

Aufenthaltsdauer am Automaten

Hinsichtlich der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer am Automaten pro Besuch unterschieden sich die beiden Gruppengrößen am „Tag" nicht signifikant voneinander. Im Durchschnitt hielten sich die Tiere am „Tag" in der 20er-Gruppe 4,6 Minuten am Automaten auf und in der 40er-Gruppe 3,4 Minuten. In der „Nacht" lag die durchschnittliche Aufenthaltsdauer bei der 20er-Gruppe bei 8,4 Minuten und bei der 40er-Gruppe bei 6,4 Minuten pro Besuch. Dieser Unterschied war signifikant ($p < 0,05$).

3.2 Tägliche Zunahmen

Die täglichen Zunahmen lagen bei der 20er-Gruppe durchschnittlich bei 876 g. Die 40er-Gruppe wies tägliche Zunahmen von durchschnittlich 877 g auf (Abb. 2). Bezüglich der Mittelwerte für die gesamte Gruppe war der Unterschied zwischen den beiden Gruppengrößen nicht signifikant. Bei beiden Gruppengrößen hatten die schwersten Tiere die besten täglichen Zunahmen (20er-Gruppe durchschnittlich 908 g, 40er-Gruppe durchschnittlich 956 g). Bei dieser Gewichtsklasse war der Unterschied zwischen den Gruppengrößen signifikant ($p < 0,05$). Die leichtesten Tiere hatten bei beiden Gruppengrößen die schlechtesten täglichen Zunahmen (20er-Gruppe durchschnittlich 856 g, 40er-Gruppe durchschnittlich 811 g). Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Bei der 40er-Gruppe bestanden etwas größere Unterschiede zwischen den Umtrieben, wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist.

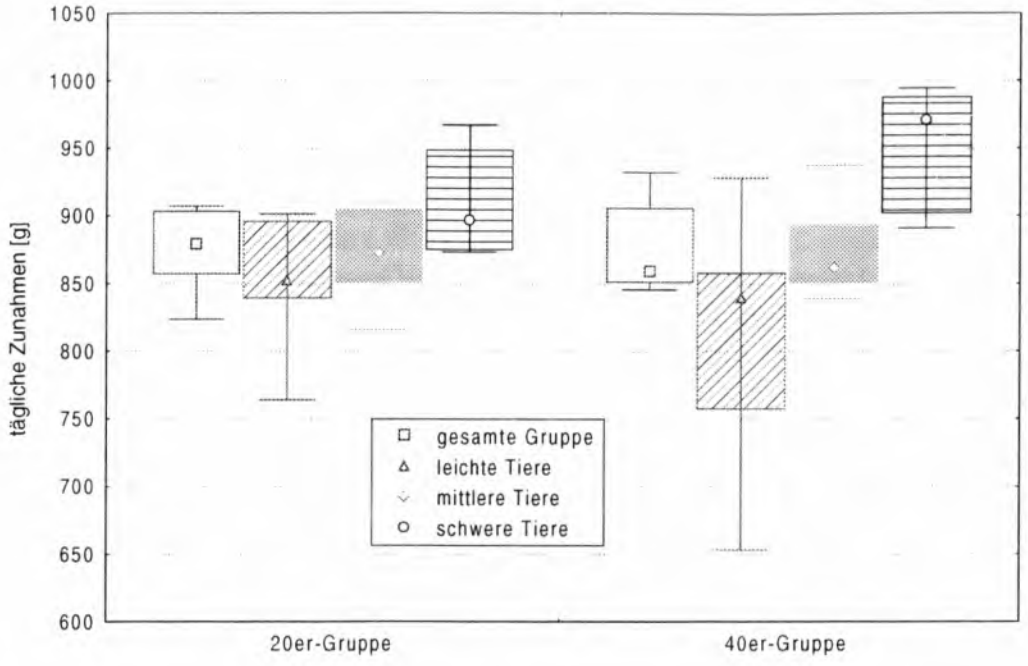


Abb. 2: Tägliche Zunahmen [g] der Mastschweine in Abhängigkeit von der Gruppengröße. Die Leistungen wurden sowohl für die gesamte Gruppe als auch separat für leichte, mittlere und schwere Tiere berechnet (Minimum, Maximum, 25 % bzw. 75 % Perzentile, Median)
Effect of group size on average daily weight gain [g] of fattening pigs. Performances of all animals of a group as well as performances of light, medium weight and heavy animals are calculated (minimum, maximum, 25 % and 75 %, percentile, median)

4 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse machen deutlich, dass bei ad libitum-Fütterung von Mastschweinen an einem Rohrbreiautomaten mit einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 10:1 sowohl in Bezug auf das Verhalten der Tiere als auch im Hinblick auf die Mastleistung schlechtere Bedingungen vorherrschen als bei einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 5:1.

5 Literatur

SCHWEIZER TIERSCHUTZGESETZ, 1978: Gesetzesversammlung SR 455, Eidgenössische Druck- und Materialzentrale (EDMZ), CH-3003 Bern.

WECHSLER, B., H. OESTER, 1998: Das Prüf- und Bewillungsverfahren für Stalleinrichtungen. Agrar-Forschung 5 (7), S. 321-324

The effect of the animal/feeding place ratio on the behaviour and performance of fattening pigs fed at a tube feeder

KIRCHER, ANNEGRET[1], ROLAND WEBER[2], BEAT WECHSLER[1] AND THOMAS JUNGBLUTH[3]

[1] Swiss Federal Veterinary Office, Centre for proper housing of ruminants and pigs, CH-8356 Taenikon, Switzerland
[2] Swiss Federal Research Station for Agricultural Economics and Engineering, Centre for proper housing of ruminants and pigs, CH-8356 Taenikon, Switzerland
[3] Institute of Agricultural Engineering, University of Hohenheim (440), 70593 Stuttgart, Germany

Over the last years, ad libitum feeding of fattening pigs, for example at tube feeders, has become increasingly common. However, it is not clear yet which animal/feeding place ratio is acceptable with such feeders from the point of view of animal welfare. The aim of the present study was to compare two different ratios of animal/feeding place at a tube feeder with regard to behaviour and performance (daily weight gain) of fattening pigs.

Seven groups of 20 and seven groups of 40 fatteners corresponding to an animal/feeding place ratio of 5:1 and 10:1, respectively, were kept in pens with a single tube feeder with four feeding places.

Situations of crowding at the feeder (more animals present than feeding places available) were observed only in the larger groups. Aggressive interactions, crowding out at the feeding trough and unsuccessful attempts to gain access to the trough occured signifcantly more frequent in groups with 40 fatteners than in groups with 20 fatteners.

The average daily weight gain of all animals in a group did not differ significantly between the animal/feeding place ratios of 5:1 and 10:1. With the five heaviest animals of each group, however, the daily weight gain was significantly higher in groups of 40 fatteners than in groups of 20 fatteners. In addition, the variation in the weight gain of the five lightest animals of each group was considerably increased with the larger groups.

The results show that an animal/feeding place ratio of 10:1 presents worse conditions than a ratio of 5:1 with ad libitum feeding at a tube feeder as reagards behaviour and performance of fattening pigs.

Der Einfluss des Gruppensäugens im Abferkelstall auf die Leistungen, das Säugeverhalten und die Investitionskosten im Vergleich zur ausschließlichen Haltung in Einzelabferkelbuchten

WEBER, ROLAND

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

1 Einleitung

Die schweizerische Tierschutzverordnung verlangt, dass Abferkelbuchten so zu gestalten sind, dass sich die Muttersau frei drehen kann. Hierzu besteht eine Übergangsfrist bis zum 30. Juni 2007. Für Neu- und Umbauten von Abferkelbuchten ab dem 1. Juli 1997 muss die Minimalfläche einer Bucht 4,5 m^2 betragen.

Bei Umbauten von Abferkelställen ist es oft schwierig, wieder gleich viele Abferkelplätze in ein bestehendes Gebäude zu integrieren, da die neueren Abferkelbuchten mit 5 - 7 m^2 meistens mehr Platz beanspruchen als die bis anhin verwendeten Abferkelbuchten mit Kastenständen. Eine Lösung für dieses Problem kann das Gruppensäugen sein. Bei diesem Verfahren werden die Sauen über die Geburt bis mindestens zum siebenten Lebenstag der Ferkel einzeln gehalten. Danach kommen mehrere Sauen mit ihren Würfen in eine gemeinsame Bucht. In diesen Gruppensäugebuchten kann gegenüber der Einzelhaltung Platz pro Tier gespart werden, da jeder Funktionsbereich nur einmal für mehrere Sauen gemeinsam eingerichtet werden muss. Gruppensäugesysteme können zudem in kostengünstigeren Kaltställen eingerichtet werden.

Ein Vergleich zweier Gruppensäugeverfahren mit verschieden großen Gruppen (Vierer- und Zweiergruppe) an der FAT sollte zeigen, wie diese im zeitlich parallelen Vergleich mit der üblichen Einzelhaltung während der Säugezeit in Bezug auf die Leistungen (Ferkelverluste, Tageszunahmen der Ferkel), das Säugeverhalten und die Investitionskosten abschneiden.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsbuchten

In einem bestehenden Versuchsstall (Außenklimastall mit offenem First) der Eidgenössischen Forschungsanstalt Tänikon (FAT) wurde im gleichen Raum eine Zweier- und Viererbucht für das Gruppensäugen eingerichtet. Beide Buchten bestanden aus deutlich voneinander getrennten Funktionsbereichen: Liegefläche für die Sauen (5,7 m^2/Sau in der Viererbucht; 5,6 m^2/Sau in der Zweierbucht), Kotfläche (2,2 m^2/Sau in der Viererbucht; 1,9 m^2/Sau in der Zweierbucht) und Ferkelkisten (0,1 m^2/Ferkel in beiden Systemen). In beiden Buchten bestanden sowohl die eingestreute Liegefläche als auch die uneingestreute Kotfläche aus nichtperforiertem Isolationsüberzug.

Die 60 cm hohe, eingestreute und vollständig geschlossene Ferkelkiste wies in beiden Buchten einen Ferkelschlupf zur Liegefläche der Sauen auf und wurde mit Infrarotlampen beheizt.

2.2 Verfahren des Gruppensäugens

Die für das Gruppensäugen bestimmten Sauen ferkelten in den von der FAT entwickelten Abferkelbuchten ohne Fixationsmöglichkeit (FAT 1 und FAT 2; WEBER UND SCHICK 1996) ab. Die Vergleichsgruppen, die während der gesamten Säugezeit in Einerbuchten verblieben, wurden im gleichen Zeitraum in Abferkelbuchten mit aufklappbarem Kastenstand (FRIEDLI ET AL. 1993) gehalten.

Hatte der jüngste Wurf das Alter von zehn Tagen erreicht, so wurden die Sauen in das Gruppensäugen umgestallt.

Zum Zeitpunkt des Einstallens ins Gruppensäugen wurden alle Ferkel (auch jene der Einerbuchten) individuell mittels Ohrtätowierung markiert und einzeln gewogen. Das Absetzen erfolgte beim Alter der Ferkel von etwa 35 Tagen (Sollalter gemäß Umtriebsplanung), wobei wiederum jedes Ferkel einzeln gewogen wurde.

2.3 Verhaltensbeobachtungen

Zur Erfassung des Säugeverhaltens in den beiden Gruppensäugebuchten wurden zu folgenden Zeitpunkten Videoaufzeichnungen gemacht:

- Vor dem Einstallen: Die letzten 24 Stunden in der Einzelabferkelbucht einer zufällig ausgewählten Sau vor dem Einstallen ins Gruppensäugen.
- 1. und 2. Tag: Vom Zeitpunkt des Einstallens bis 48 Stunden danach.
- 1. Woche: Eine Woche nach dem Einstallen während 24 Stunden.
- 2. Woche: Zwei Wochen nach dem Einstallen während 24 Stunden.

Die Häufigkeit von abgebrochenem Säugen war dabei wie folgt definiert: die Ferkel einer Sau massieren das Gesäuge der Sau, diese bricht aber den Säugeakt vor dem Milchfluss ab (Drehen in Bauchlage oder Aufstehen).

Für die statistische Auswertung wurde für sämtliche erfassten Parameter und jeden Beobachtungszeitpunkt zuerst für jedes Gruppenhaltungssystem und jeden Umtrieb der Mittelwert gebildet. Anschließend wurde aus diesen Umtriebsmittelwerten ein Gesamtmittelwert berechnet. Vergleiche zwischen der Vierer- und der Zweierbucht erfolgten mit dem Mann-Whitney U-Test.

3 Ergebnisse

3.1 Ferkelverluste

Die Ferkelverluste waren bei keiner der unterschiedenen Verlustursachen signifikant verschieden zwischen den drei Haltungssystemen (Tab. 1). Dieses Fehlen von Signifikanzen ist auf die großen Standardabweichungen zurückzuführen, da nur ein Teil der Würfe in den jeweiligen Systemen von Verlusten betroffen war.

Trotz dieser statistisch nicht gesicherten Unterschiede fällt auf, dass in der Viererbucht mit 4,2 % eine um fünf Mal höhere Verlustrate als in der Einerbucht mit 0,8 % auftrat. Die Zweierbucht lag mit 2 % Verlusten in der Mitte.

Tab. 1: Ferkelverluste während der Zeit im Gruppensäugen in den verschiedenen Systemen (Durchschnitte und in Klammern Standardabweichungen)
Piglet losses during the period of group housing in different systems (average values and, in parentheses, standard deviations)

	Viererbucht		Zweierbucht		Einerbucht		Kruskal-Wallis-Rangsummentest ($p \leq 0,05$)
Anzahl Würfe	48		24		25		
Wurfgröße:							
- Einstallen	10,2	(1,3)	10,1	(1,4)	9,7	(1,7)	n.s.
- Absetzen	9,8	(1,4)	9,9	(1,4)	9,6	(1,7)	n.s.
Verluste %:							
- Total	4,2	(7,7)	2,0	(3,9)	0,8	(2,8)	n.s.
- Erdrückt	1,5	(4,4)	1,2	(3,2)	0,0	(0,0)	n.s.
- Kümmerer	1,5	(5,8)	0,4	(2,0)	0,5	(2,5)	n.s.
- Diverse	1,1	(4,3)	0,3	(1,7)	0,3	(1,4)	n.s.

Aus der heute üblichen Einzelhaltung während der gesamten Säugezeit ist bekannt, dass nach dem dritten Lebenstag kaum noch Erdrückungsverluste auftreten. In den beiden Gruppensäugesystemen waren aber mit 1,5 % (Viererbucht) bzw. 1,2 % (Zweierbucht) in der späteren Säugezeit nochmals Erdrückungsverluste zu verzeichnen. Bei zwei Erdrückungen in der Viererbucht konnte der Ablauf beobachtet werden. Sie erfolgten jeweils zu Beginn eines Säugeaktes. Dabei ließ sich eine bis dahin noch stehende Sau ausgelöst durch das heftige Betteln der Ferkel auf einen schon am Gesäuge einer anderen Sau befindlichen Wurf fallen. Es ist anzunehmen, dass andere Erdrückungen in ähnlicher Weise vorkamen.

3.2 Einstall- und Absetzgewichte sowie tägliche Zunahmen der Ferkel

Für die statistische Auswertung wurden die Einzeltiergewichte für jeden Wurf gemittelt und anschließend wurde mit diesen Wurfmittelwerten ein Vergleich mittels Kovarianzanalyse durchgeführt. Die Kovariablen für das Einstallgewicht waren Wurfgröße bei der Geburt, Wurfgewicht bei der Geburt und Alter beim Einstallen. Jene für das Absetzgewicht waren Wurfgröße beim Einstallen, Gewicht beim Einstallen und Säugedauer im jeweiligen System und diejenigen für die täglichen Zunahmen Wurfgröße beim Einstallen und Gewicht beim Einstallen.

Die Einstallgewichte der Ferkel in den verschiedenen Systemen unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tab. 2).

In der Einerbucht war das Absetzgewicht mit 8,7 kg signifikant am höchsten. Die Gewichte in der Vierer- und Zweierbucht (7,8 kg bzw. 8,3 kg) unterschieden sich nicht signifikant.

Entsprechend den Einstall- und Absetzgewichten waren auch die täglichen Zunahmen in der Einerbucht mit 227 g am höchsten. In der Viererbucht waren sie mit 190 g am tiefsten und die Zweierbucht nahm mit 211 g eine Mittelstellung ein. Es bestand jedoch nur eine Signifikanz zwischen der Vierer- und der Einerbucht.

Tab. 2: Einstall- und Absetzgewichte sowie tägliche Zunahmen der Ferkel in den verschiedenen Systemen (Durchschnitte und in Klammern Standardabweichungen)
Piglet weight at the time of grouping and weight at weaning as well as daily weight gain of piglets housed in different systems (average values and, in parentheses, standard deviations)

	A Viererbucht	B Zweierbucht	C Einerbucht	Kovarianz-analyse ($p \leq 0,05$)
Anzahl Würfe	44	22	23	
Einstallgewicht (kg/Ferkel)	4,1 (0,6)	3,8 (0,5)	3,8 (0,7)	n.s.
Absetzgewicht (kg/Ferkel)	7,8 (1,3)	8,3 (0,9)	8,7 (1,5)	A-C / B-C
Tägliche Zunahmen (g/Ferkel)	190 (46)	211 (30)	227 (43)	A-C

3.3 Häufigkeiten von abgebrochenen Säugeakten

Während in den letzten 24 Stunden vor dem Einstallen ins Gruppensäugen kaum abgebrochene Säugeakte zu beobachten waren (Abb. 1), stieg deren Häufigkeit in den beiden Gruppensäugebuchten in den ersten 24 Stunden nach dem Einstallen auf ein Vielfaches an.

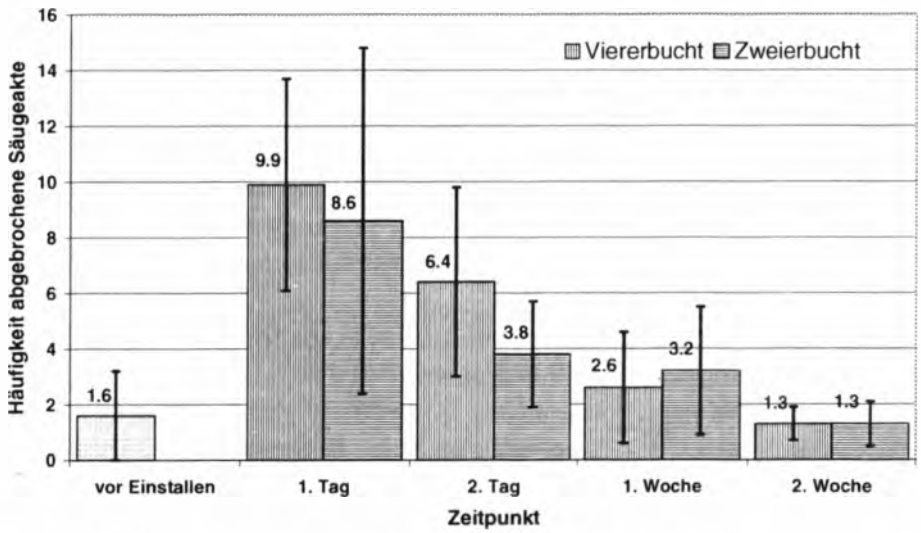


Abb. 1: Häufigkeit (und Standardabweichung) der abgebrochenen Säugeakte pro Sau und Tag in den beiden Gruppensäugesystemen (Mann-Whitney U-Test zu allen Zeitpunkten zwischen den beiden Gruppensäugesystemen nicht signifikant)
Frequency (and standard deviation) of interrupted suckling bouts per sow per day in both group housing systems (no significant differences between the systems, Mann-Whitney U-tests)

Schon am zweiten Tag lagen die Saugabbrüche in beiden Gruppensäugesystemen wieder auf einem tieferen Niveau, wobei die Häufigkeit in der Zweierbucht tendenziell etwas kleiner war als in der Viererbucht. Eine Woche nach dem Einstallen waren nochmals weniger häufig Saugabbrüche zu beobachten. Erst zwei Wochen nach dem Einstallen wurde das Niveau wie vor dem Einstallen erreicht.

Für die häufigen Saugabbrüche waren oft wurffremde Ferkel verantwortlich. Vor allem unmittelbar nach dem Einstallen ins Gruppensäugen drehten sich die Sauen meist sofort auf den Bauch und brachen damit das Säugen ab, wenn ein wurffremdes Ferkel entweder vor ihrem Kopf durchlief oder sich ans Gesäuge begeben wollte. Zum Teil ließen sie sich auch von anderen Sauen stören, die zu nah an sie herankamen.

3.4 Investitionskosten

Als Berechnungsgrundlage für die Investitionskosten dienten folgende Neubauvarianten:

- Ausschließlich Einzelabferkelbuchten mit 16 aufklappbaren Kastenständen im Warmstall in zwei Kammern.
- Eine Kammer im Warmstall mit acht aufklappbaren Kastenständen und eine unisolierte Kammer mit acht Säugeplätzen in zwei Viererbuchten.
- Eine Kammer im Warmstall mit acht aufklappbaren Kastenständen und eine unisolierte Kammer mit acht Säugeplätzen in vier Zweierbuchten.

In den Investitionskostenberechnungen sind Stallgebäude (Fundamente, Wände, Dach, Fenster, Türen), Stalleinrichtungen, Wasser- und Elektroanschlüsse sowie Stalllüftung inbegriffen. Nicht inbegriffen sind Futterlager, Futterküche, mechanische Entmistungsanlagen und Hofdüngeranlagen.

Die Planungsvarianten mit den Gruppensäugeverfahren sind deutlich kostengünstiger als diejenige mit ausschließlich Einzelabferkelbuchten (Tab. 3), wobei die Variante mit den Viererbuchten etwas kostengünstiger ist als diejenige mit den Zweierbuchten.

Tab. 3: Investitionskosten verschiedener Gruppensäugeverfahren in Prozent des Verfahrens mit nur Einerbuchten. Berechnungsgrundlage: Neubau zweier Kammern mit je acht Abferkel- bzw. Säugeplätzen auf Basis FAT-Preisbaukasten (HILTY UND HERZOG 1998)
Capital expenditure for different group housing systems for late lactation, presented in percentages compared to individual farrowing pens. Calculation basis: Construction of two rooms with eight farrowing pens / nursing places according to the FAT Modular Construction Standards for Farm Building Costs (HILTY AND HERZOG 1998)

Variante	Nur Einerbuchten	Einerbuchten / Viererbuchten	Einerbuchten / Zweierbuchten
Anzahl Abferkelbuchten	16	8	8
Anzahl Gruppensäugebuchten	--	2	4
Investitionsbedarf in Prozent von Variante nur Einzelbuchten	100 %	80 %	86 %

Die Verfahren mit Gruppensäugen sind deshalb günstiger, weil sie weniger Stallgrundfläche beanspruchen und weil die einzelnen Buchtbereiche (Liegefläche, Kotfläche, Ferkelnest) für jede Gruppe nur einmal eingerichtet werden müssen und nicht für jede Sau mit ihrem Wurf einzeln. Zum anderen ist die Gebäudehülle bedeutend günstiger, da das Gruppensäugen im

Kaltstall eingerichtet werden kann, wohingegen bei der Variante mit Einerabferkelbuchten mit einem wärmegedämmten Stallgebäude gerechnet wurde.

4 Literatur

FRIEDLI, K., R. WEBER UND J. TROXLER: Abferkelbuchten mit Kastenständen zum Öffnen. Mehr Bewegungsfreiheit für Muttersauen ohne erhöhte Gefahr für die Ferkel. FAT-Berichte Nr. 452, 1994

HILTY R. UND D. HERZOG: FAT-Preisbaukasten. Baukostensammlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude. 1998

WEBER R. UND M. SCHICK: Neue Abferkelbuchten ohne Fixation der Muttersau. Wenig höhere Investitionen, praxisüblicher Arbeitszeitbedarf. FAT-Berichte Nr. 481, 1996

The influence of group housing during late lactation on reproductive performance, suckling behaviour and capital expenditure as compared to individual housing

WEBER, ROLAND

Swiss Federal Research Station for Agricultural Economics and Engineering (FAT), CH-8356 Tänikon

Groups of two and four sows, group housed during late lactation, were compared to sows kept in individual farrowing pens with regard to reproductive performance (daily weight gain of the piglets, piglet mortality), suckling behaviour and capital expenditure.

Piglet mortality during late lactation amounted to 4.2 % in groups of four sows (1.5 % piglets crushed), to 2.0 % in groups of two sows (1.2 % piglets crushed) and to 0.8 % in sows housed in individual pens (no crushing at all). Due to large variation within each housing system, differences between the systems as regards piglet mortality were not statistically significant.

Piglet weight at the time of grouping of the sows and their litters did not differ significantly between the housing systems. At weaning, piglet weight was significantly higher in the system with individual housing (8.7 kg per piglet) compared to the systems with group housing of four sows (7.8 kg) or two sows (8.3 kg), but did not differ significantly between the two group housing systems. The reduced performance of the piglets in the group housing systems was due to disturbed suckling behaviour. During the first two days after grouping of the sows and their litters, interrupted suckling bouts were frequent. Only in the second week after grouping, suckling behaviour in group housing systems was similar to that of individually housed sows.

Compared to housing of sows in individual farrowing pens, capital expenditure for new constructions is 15 % (two sows) and 20 % (four sows) lower for group housing systems.

Untersuchungen zu Stallklima und Luftqualität in einem Mastschweinehaltungssystem mit getrennten Klimabereichen

GALLMANN EVA, EBERHARD HARTUNG UND THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart

1 Einleitung und Zielsetzung

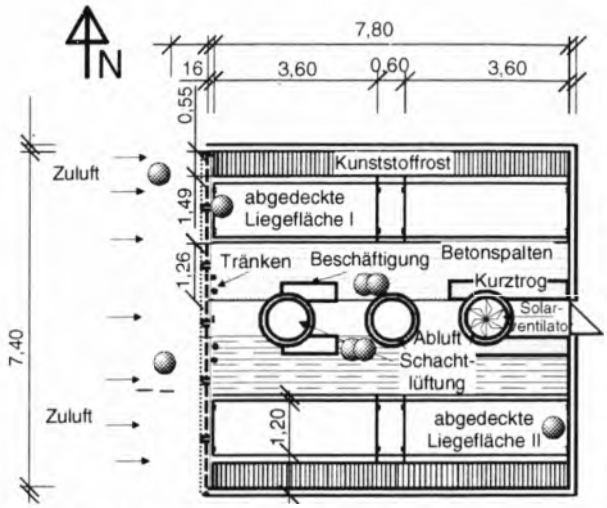
In diesem Beitrage steht die Beurteilung des Stallklimas und der Luftqualität für ein Mastschweinehaltungssystem mit getrennten Klimabereichen, wie sie zunehmend in verschiedenen Ausführungen in der Praxis Verbreitung finden, im Vordergrund. Anlass hierfür ist vor allem der Mangel an Daten zur Luftqualität im abgedeckten Liegebereich. Ziel der Untersuchung ist es, sowohl für den Mikroklimabereich als auch für den sogenannten Außenklimabereich, den Verlauf der Stallklimaparameter Lufttemperatur- und feuchte, der Luftrate sowie der Gaskonzentrationen von Ammoniak (NH_3), Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) in kontinuierlichen Langzeitmessungen aufzuzeigen und zu diskutieren.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden im Versuchsstall für Mastschweine der Universität Hohenheim im Haltungssystem „getrennte Klimabereiche" durchgeführt (GALLMANN ET AL. 2000a). Aus Abbildung 1 sind anhand des Grundrisses und einer Kurzbeschreibung die Gestaltung der Funktionsbereiche und des Lüftungssystems zu entnehmen. Die Bestimmung der Gaskonzentrationen von NH_3, CO_2 und CH_4 erfolgt stündlich mittels nicht-dispersiver-Infrarotspektroskopie an den verschiedenen Messstellen im Tierbereich und Flüssigmistlager (Bild 1) und aufgrund paralleler Emissionsmessungen für Zuluft und Abluft viertelstündlich. Die Daten zu Lufttemperatur und -feuchte, Volumenströmen (Messventilatoren), Umgebungsbedingungen (Wetterstation) und Tieraktivität (Summensignal eines Infrarotdetektors) stehen kontinuierlich zur Verfügung. Die Messmethodik und eingesetzten Messgeräte sind detailliert bei GALLMANN ET AL. (2000b) beschrieben. Die Luftrate kann über Veränderung der Temperaturregelung bzw. Zu- und Abschaltung eines Wickelrollos und eines Solarventilators variiert werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Datenaufnahme hat im Sommer 1999 begonnen und erstreckt sich insgesamt über jeweils zwei Mastdurchgänge im Sommer und Winter bis Frühjahr 2001. Anhand der Ergebnisse von jeweils vier aufeinanderfolgenden Tagen im Dezember 1999 und August 2000 wird die tägliche und saisonale Variation der Stallklimaparamter, Umgebungsbedingungen und Luftrate sowie der Gaskonzentrationen beispielhaft dargestellt.



Meßstellen: Zuluft(2), Abluft (3), Innenraum (2)
Flüssigmistkeller (2)
im abgedeckten Liegebereich (2)

Kurzbeschreibung

Einteilung:	2 Buchten für je 24 Tiere Nettofläche pro Tier: 1 m²
Lauffläche:	gangseitig Betonspalten wandseitig Kunststoffroste
Liegefläche:	planbefestigt (Betonelemente) beheizbar und kühlbar 0,4 m² Tier
Liegeflächenabdeckung:	Hartschaumstoffplatten mit optionalen Öffnungen zur Abführung von belasteter Luft beidseitig in der Längsachse Streifenvorhänge
Beschäftigung:	2 Beschäftigungsautomaten pro Bucht
Lüftung:	Schachtlüftung mit Möglichkeit zur Stützventilation mit einem temperaturgeregelten Solarventilator
Zuluft:	Zuluftöffnung 80 cm breit ab 1,70 m über Stallbodenniveau über gesamte westliche Stallbreite (Hauptwindrichtung) temperaturgeregeltes Wickelrollo
Abluft:	3 Oberflurschächtre mit jeweils D = 63 cm
Fütterung:	Flüssigsensorfütterung Tier-/Freßplatzverhältnis 3:1 16 Mahlzeiten von 6:00 bis 22:00
Entmistung:	Pro Bucht ein Flüssigmistlager mit Lagerkapazität für einen Mastdurchgang Rohrentmistung mit Eimerverschlüssen

Abb. 1: Grundriss und Kurzbeschreibung des untersuchten Haltungssystems „getrennte Klimabereiche"
Ground plan and short description of the investigated housing system „kennel housing with separate climatic areas"

3.1 Temperatur und relative Luftfeuchte

In Abbildung 2 sind der Verlauf der Temperatur und relativen Luftfeuchte im Innenraum und in den abgedeckten Liegebereichen jeweils für die Winter- und Sommersituation dargestellt.

Im Sinne einer tier- und leistungsgerechten Schweinehaltung muss zu allen Jahreszeiten gewährleistet sein, dass für alle Tiere ausreichend Fläche zum Liegen mit Temperaturen innerhalb der thermoneutralen Zone der Mastschweine verfügbar ist Bei durchschnittlich täglichen Zunahmen von 800 - 850 g ist die thermoneutrale Zone auf den Bereich zwischen 13 °C bis 28 °C eingeschränkt (MAYER 1999).

Im Winter mussten vor allem im abgedeckten Liegebereich die entsprechenden Temperaturen herrschen, da die Temperaturen im Innenraum oft unterhalb der thermischen Neutralität lagen. Dies konnte in dem hier untersuchten Haltungssystem über eine Beheizung der nicht wärmegedämmten Liegefläche sichergestellt werden. Im Sommer müssen bei andauernden Temperaturen oberhalb der thermischen Neutralität Möglichkeiten zur Abkühlung vorgesehen werden, wie z.B. über Vernebelung von Wasser (Evaporationskühlung).

Hinsichtlich der Anforderungen an die relative Luftfeuchte wird ein Bereich zwischen 60-80 % als optimal angesehen (MAYER 1999). In den abgedeckten Liegebereichen mit Tierbesatz wurden im Winter niedrigere relative Luftfeuchten auf Grund der höheren Temperatur als im Stallinnenraum gemessen. MAYER (1999) beobachtete ebenfalls innerhalb von Ruhekisten analog zu einem wärmegedämmten Stall häufiger niedrigere relative Luftfeuchten im Vergleich zum Aktivitätsbereich. Die höheren relativen Luftfeuchten im Sommer im Liegebereich I sind auf die starke Verschmutzung mit Exkrementen zurückzuführen (vgl. 3.3, Abb. 4).

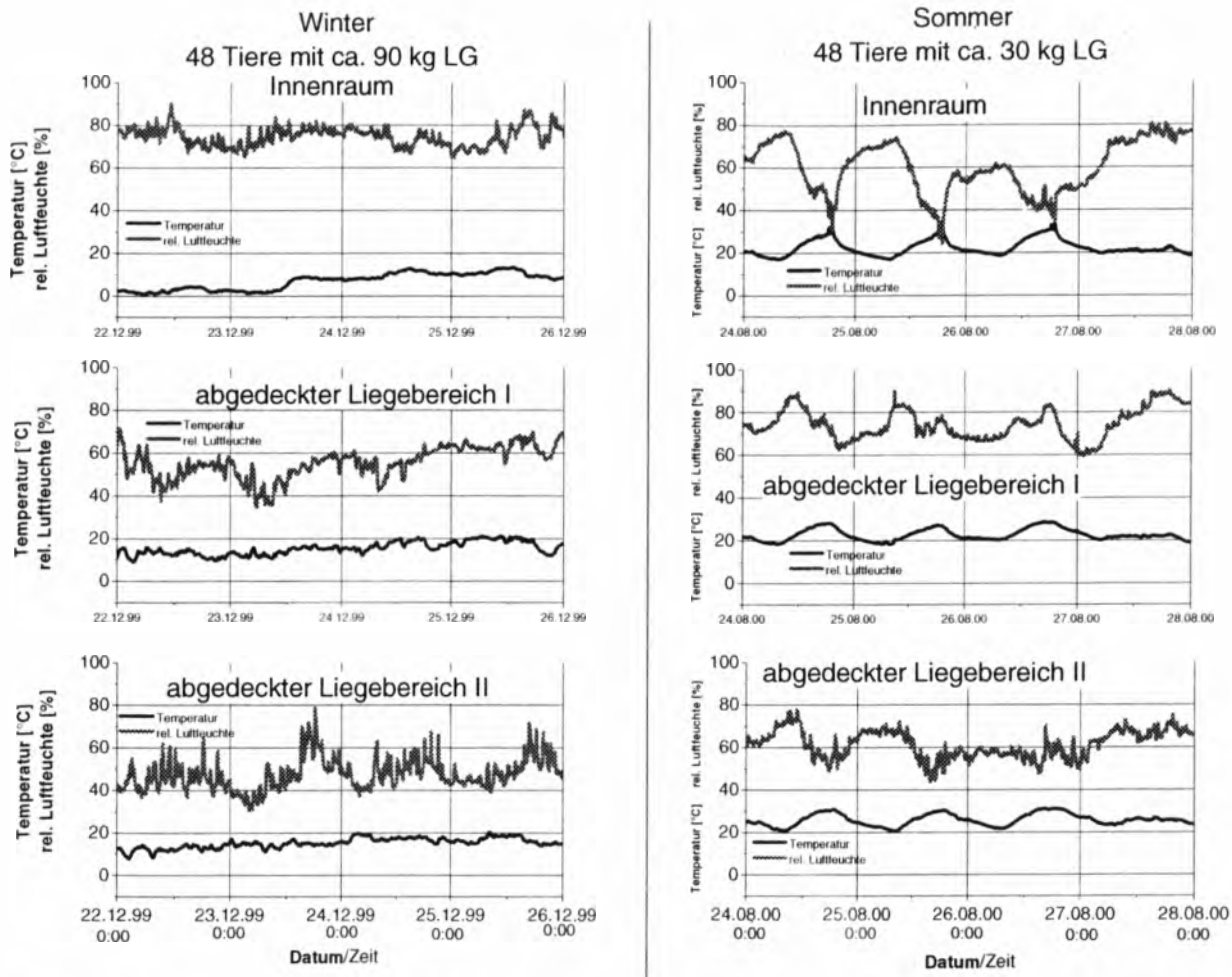


Abb. 2: Verlauf von Temperatur und relativer Luftfeuchte an vier Winter- und Sommertagen im Innenraum und den abgedeckten Liegebereichen.
Variation of temperature and relative humidity at four winter and summer days (indoor and inside the kennels).

3.2 Variation und Funktion der freien Lüftung

Den Verlauf der Volumenströme der einzelnen Abluftschächte in Verbindung mit der Windgeschwindigkeit an der Zuluftöffnung und den Temperaturen im Innenraum und der Zuluft für die vier Winter- bzw. Sommertage zeigt Abbildung 3.

Im Winter sind alle drei Abluftschächte als rein frei belüftet zu betrachten, da auf den Betrieb des Solarventilators verzichtet wurde. Deshalb unterschieden sich die Abluftvolumenströme nur geringfügig voneinander. Im Sommer wurde der Solarventilator in Abhängigkeit der Temperatur im Innenraum zur Stützventilation betrieben, was an den deutlich erhöhten Volumenströmen im Abluftschacht Ost zu erkennen ist. Aufgrund eines Defektes fiel der Solarventilator am 26.08.00 aus, so dass hier wiederum die Volumenströme in allen drei Schächten gleich hoch waren. Sowohl im Winter als auch im Sommer waren die Volumenströme hinsichtlich der absoluten Höhe und Schwankungsbreite deutlich von der Windanströmung an der Zuluftöffnung abhängig, die in Hauptwindrichtung ausgerichtet ist.

Setzt man als Mindestanforderung an die Winterluftrate in diesem Stall den CO_2-Maßstab an (DIN 18 910), so ergibt sich eine rechnerische Mindestluftrate von 6 (m³/h)/Tier. Zur Sicherstellung eines dreifachen Luftwechsels werden 11 (m³/h)/Tier benötigt.

Diese Anforderungen wurden bei einer Volumenstromsumme von in der Regel 60 bis 120 (m³/h)/Tier und bei viel Wind auch bis zu 300 (m³/h)/Tier ausreichend erfüllt.

Anders stellt sich die Situation im Sommer dar, wenn eine Sommerluftrate von mindestens 100 (m³/h)/Tier zur Wärmeabfuhr notwendig wird (DIN 18 910). Dieser Wert konnte in der Summe der Volumenströme nur mit Hilfe des Solarventilators erreicht oder überschritten werden. Bei Einsatz des Solarventilators wurde eine Volumenstromsumme von 80 bis 140 (m³/h)/Tier ermittelt, wobei 50 bis 75 % der Luftrate allein durch den Solarventilator geleistet wurden. Ohne Stützventilation wurde dagegen dauerhaft nur eine Gesamtluftrate von etwa 60 (m³/h)/Tier erreicht mit jedoch starken Schwankungen und kurzzeitig sehr niedrigen Luftraten.

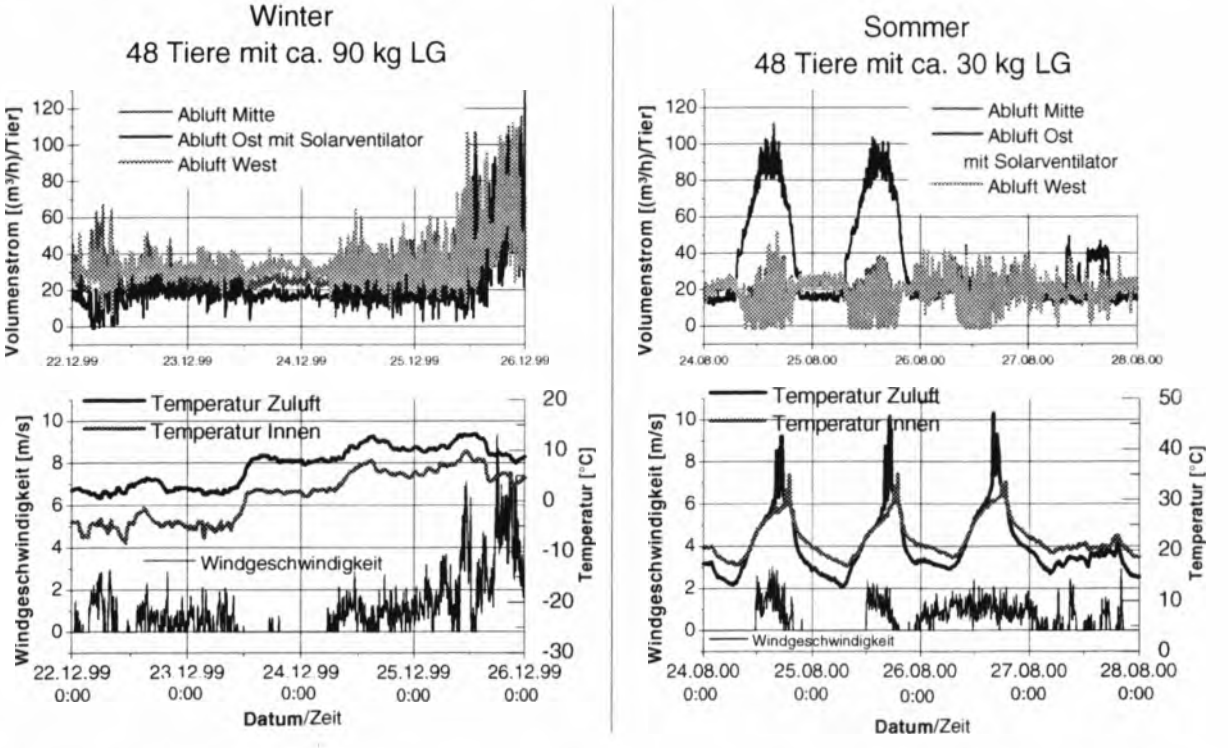


Abb. 3: Verlauf der Abluftvolumenströme, Windgeschwindigkeit an der Zuluftöffnung und Zuluft- bzw. Innentemperatur an vier Winter- und Sommertagen (teilweise unterschiedliche Skalierung)
Variation of the air flow rates, wind velocity and temperature of inlet and indoor air at four days in winter and summer (partly different scales)

3.3 Gaskonzentrationen im Tierbereich

Die Luftqualität im Tierbereich wird in Abbildung 4 anhand der Aufzeichnungen der Gaskonzentrationen von NH_3, CO_2 und CH_4 im Innenraum und den abgedeckten Liegebereichen für die vier Winter- und Sommertage beschrieben.

Im Innenraum wurden in der Regel zu jeder Jahreszeite die vorgeschriebenen Grenzwerte von maximal 20 ppm NH_3 und 3 000 ppm CO_2 (BML 1994) deutlich unterschritten. Die Gaskonzentrationen reagierten schnell auf Änderungen der Luftrate und zeigten einen gegenläufigen Verlauf zu den Volumenströmen (Abb. 3). Der Verlauf und die Höhe der CO_2-Konzentrationen in den abgedeckten Liegebereichen kann als Maß für die Nutzung der Liegefläche und des Tierverkehrs herangezogen werden.

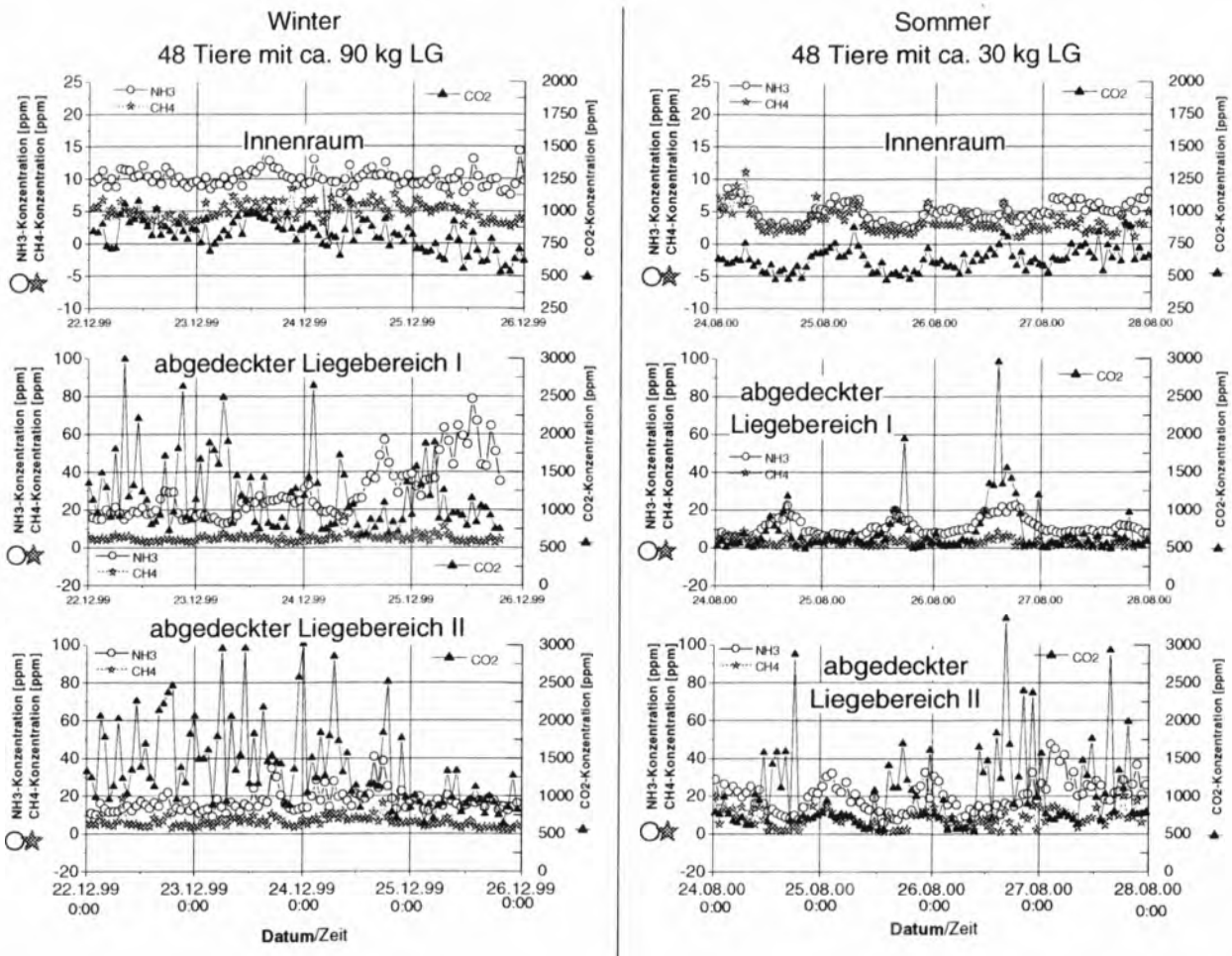


Abb. 4: Verlauf der Gaskonzentrationen von Ammoniak (NH_3), Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4) im Innenraum und den abgedeckten Liegebereichen an vier Winter- und Sommertagen (teilweise unterschiedliche Skalierung)
Variation of the gas concentrations of ammonia (NH_3), carbon dioxide (CO_2) and methane (CH_4) at four winter and summer days (indoor and inside the kennels; partly different scales)

Im Winter wird die Liegefläche wesentlich stärker und häufiger allein auf Grund des Temperaturvorteils im Vergleich zum Innenraum benötigt und genutzt. Bei Nutzung der Liegefläche wurden CO_2-Werte bis hin zum Grenzwert von 3 000 ppm gemessen Die starken Schwankungen der CO_2-Konzentrationen lassen sich zum Teil durch die häufigen Fütterungszeiten (Abb. 1) erklären, die zu vermehrter Aktivität am Trog und Unterbrechung der Liegezeiten führen. Im Sommer lagen die meisten Tiere vor allem auf Grund der hohen Temperaturen außerhalb der abgedeckten Liegebereiche.

Vor allem der Liegebereich I wurde wegen der starken Verschmutzung nicht mehr zum Liegen genutzt. Im Winter wurde der Liegebereich I ebenfalls mit steigenden Innenraumtemperaturen (Abb 2) wieder stärker verschmutzt, was sich in NH_3-Konzentrationen bis zu 80 ppm widerspiegelt, wohingegen im sauberen Liegebereich II der Grenzwert von 20 ppm fast immer knapp eingehalten werden konnte. Im Sommer wurde dieser jedoch auch im Liegebereich II oft mit Werten bis zu 40 ppm überschritten. Die CH_4-Konzentrationen bewegten sich in der Regel nur knapp oberhalb der Zuluftkonzentration und Messgenauigkeit des Messgerätes.

4 Fazit

Die kontinuierliche Aufzeichnung der Stallklimaparameter und Gaskonzentrationen im Innenraum und den abgedeckten Liegebereichen eines Haltungssystems mit getrennten Klimabereichen und freier Lüftung verdeutlicht, dass generell die warme Jahreszeit als wesentlich problematischer hinsichtlich der Luftqualität und des Stallklimas anzusehen ist. Die Gestaltung der Funktionsbereiche hinsichtlich Anordnung zueinander und des Mikroklimas stellt hohe Anforderungen an das Management, um einer Verschmutzung der Liegebereiche entgegenzuwirken. Möglichkeiten für eine zusätzliche Stützventilation und Abkühlung durch z.B. Evaporationskühlung sollten im Sommer vorgesehen werden.

5 Literatur

BML (1994): Verordnung zum Schutz von Schweinen bei Stallhaltung (Schweinehaltungsverordnung). Bundesgesetzblatt I. Der Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn

DIN 18 910 (1992): Wärmeschutz geschlossener Ställe. Wärmedämmung und Lüftung, Planungs- und Berechnungsgrundlagen. Beuth Verlag, Berlin, Mai 1992

GALLMANN, E; W. BEA UND E. HARTUNG (2000a): Umbaulösung für Vollspaltenstall. Landtechnik 55, H. 3, S. 252-253

GALLMANN, E.; E. HARTUNG UND T. JUNGBLUTH (2000b): Umweltgerechte Mastschweinehaltung I – Sensitivität der Emissionsmessungen. Agrartechnische Forschung 6, H. 6, S. 102-109

MAYER, C. (1999): Stallklimatische, ethologische und klinische Untersuchungen zur Tiergerechtheit unterschiedlicher Haltungssysteme in der Schweinemast. Dissertation, TU München, Schriftenreihe der FAT Tänikon (CH), Nr. 50, ISSN 0257-9200

Investigations of the indoor climate and air quality of a kennel housing system with separate climatic areas for fattening pigs

GALLMANN EVA, EBERHARD HARTUNG AND THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart, Germany

The aim of the investigations was to describe continuously and evaluate the variation of temperature, humidity and gas concentrations of ammonia, carbon dioxide and methane of the indoor air and inside the kennels within the scope of long-term measurements. A comparison of the results from December 1999 and August 2000 showed, that the warm season is more problematic to ensure an adequate indoor climate and air quality regarding animal welfare and animal performance. During hot and calm days an additional ventilation with a solar fan was necessary to support the natural gravitational shaft ventilation to secure a sufficient change of air. For the removal of surplus body heat cooling equipment like an air humidifier (cooling by evaporation) should be available. The design and arrangement to each other of the different functional areas for feeding, laying and excretion makes high demands on the planning and management to avoid a pollution of the laying area inside the kennels. The compliance with the threshold values for ammonia and carbon dioxide concentrations in the animal area could not be guaranteed, when already little pollution of the kennels occurred (ammonia) or the laying area inside the kennels was fully used by the animals (carbon dioxide).

Die Auswirkung schlechter Stallluft als Folge geringer Luftraten auf Mastleistung und Gesundheit von Mastschweinen

BARTUSSEK, HELMUT, ANDREAS STEINWIDDER, ANTON HAUSLEITNER, JOHANN GASTEINER, ANTON SCHAUER UND THOMAS GUGGENBERGER

Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning, Österreich

1 Zielstellung

Schlechte Stallluft (hoher Wasserdampf-, CO_2-, NH_3-Gehalt) wird als Mitursache für Atemwegserkrankungen (HOY UND MEHLHORN 1987, ROBERTSON 1991, HAMILTON ET AL. 1996, 1998) und damit auch für schlechte Mastleistungen angesehen (GUERERRO ET AL. 1988, HOY 1994), doch ist der ursächliche Zusammenhang noch weitgehend unbekannt. In der Praxis werden nach wie vor zahlreiche Stallungen schlecht gelüftet, vor allem aus Gründen der Energieersparnis im Winter. Die Auswirkungen schlechter Stallluft auf die Mast- und Schlachtleistungen, die Fleischqualität und auf die tierschutzbezogenen Konsequenzen (Gesundheit, Verhalten) waren die Fragestellungen eines mehrjährigen Versuches an der BAL Gumpenstein. Es werden hier nur Daten über die Mastleistungen dargestellt. Für das Gesamtergebnis wird auf die Hauptveröffentlichung verwiesen (BARTUSSEK ET AL. 2001).

2 Tiere, Material und Methode

Vier Mastdurchgänge wurden 2 Versuchen (V1 und V2) mit jeweils 64 gesunden Ferkeln einer Dreirassenkreuzung (Edelschwein x Landrasse x Pietrain) zugeteilt. Alle Tiere wurden vom selben Sauenhalter mit kontrolliertem Gesundheitsmanagement zugekauft. Jeder Versuch erfolgte in zweifacher Wiederholung jeweils in der kalten Jahreszeit. Es wurden je Wiederholung 32 Ferkel unter Berücksichtigung von Lebendmasse und Geschlecht auf 4 Gruppenbuchten zu 8 Ferkeln in zwei räumlich getrennte 3,60 x 7,50 m² große Stalleinheiten aufgeteilt (Abb. 1). In der Kontrolleinheit (gute Luft = GL) wurde gut gelüftet und geheizt (Sollwert = Temperatur in Einheit SL), in der Versuchseinheit (schlechte Luft = SL) wurde sehr wenig gelüftet und nicht geheizt. Temperaturen und rel. Feuchte der Luft, CO_2- und NH_3-Konzentrationen wurden in beiden Räumen in Raummitte laufend elektronisch gemessen. Bei gleichen Temperaturen um 22 °C unterschied sich die Qualität der Luft in den zwei Stalleinheiten signifikant (Tab. 1). Die Tiere wurden restriktiv gemäß Futterkurve (Energieversorgung zwischen 35 und 110 kg von 19,3 auf 33,0 MJ ME/Tag zunehmend) über elektronische Futterstationen (EFS) gefüttert. Futterverbrauch und Tiergewichte wurden automatisch registriert, gespeichert und regelmäßig ausgelesen. Die Wasserversorgung erfolgte über Nippeltränken.

In V1 wurde je die Hälfte der Tiere entweder auf Vollspaltenboden VS (0,8 m²/Tier) oder auf Teilspaltenboden mit Stroheinstreu TS (1 m²/Tier) gehalten und mit einem pelletierten Einheitsfutter versorgt. Die Wasserversorgung erfolgte im Aktivitätsbereich. In V2 wurden alle Tiere einheitlich auf Vollspaltenboden (VS) aufgestallt, zu Versuchsbeginn mit je 2 ml einer Bakteriensuspension von *Pasteurella multocida* Typ A mit 10^9 Keimen/ml künstlich infiziert (challenge) und mit einem expandierten 2-Phasen-Futter (geringerer Rohproteingehalt ab 60 kg LM) gefüttert. Neben der Tränke im Buchtenbereich konnten die Tiere auch innerhalb der Futterstationen über einen Nippel gegenüber dem Futtertrog Wasser aufnehmen.

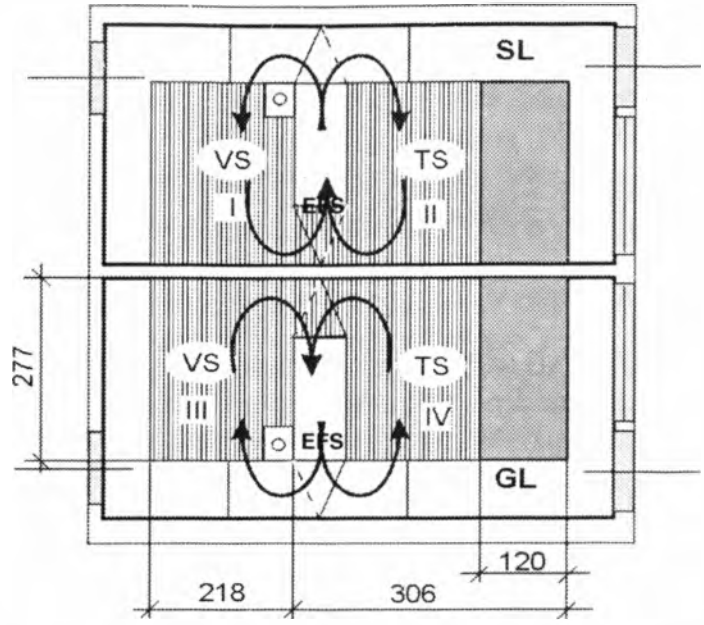


Abb. 1: Grundriss der Versuchseinheiten SL und GL mit Mastbuchten VS und TS und EFS
Experimental rooms (bad air = SL; good air = GL) with fattening pens and EFS

Tab. 1: Mittelwerte der Schadgaskonzentrationen sowie Temperaturen und rel. Luftfeuchtigkeiten in den Raumeinheiten GL, SL
Mean values of gas concentrations, temperatures and relative humidities within the experimental rooms GL, SL

	NH_3 ppm		CO_2 ppm		Temperatur °C		rel. Luftfeuchtigkeit %	
Raumeinheit	GL	SL	GL	SL	GL	SL	GL	SL
1. Wiederholung	13,8	42,3	1246	3201	23,3	22,9	69,3	74,6
2. Wiederholung	16,4	53,2	1305	3837	21,0	22,6	41,4	77,9
Mittelwert V1	**15,1**	**47,8**	**1276**	**3519**	**22,2**	**22,7**	**55,4**	**76,3**
1. Wiederholung	13,8	37,7	1773	4249	20,0	21,8	46,4	81,8
2. Wiederholung	21,2	51,1	1305	3154	23,3	23,5	37,0	72,0
Mittelwert V2	**17,5**	**44,4**	**1539**	**3701**	**21,7**	**22,7**	**41,7**	**76,9**

Alle Tiere wurden im Ferkelaufzuchtsbetrieb, nach der Einstellung in den Versuch - nach einer Angewöhnungsphase mit einer Lebendmasse von durchschnittlich 37 kg -, in Versuchsmitte und am Tag der Schlachtung (mit ca. 100 kg LM) klinisch inspiziert. Zu den selben Zeitpunkten wurden zur bakteriologischen Beurteilung der Schleimhautbesiedlung Nasentupfer beprobt. Am Schlachtkörper wurden die Lungen und Lebern untersucht sowie Gewebeproben aus Nasen und Rachen für einen histologischen Befund entnommen.

Die Tierleistungen wurden varianzanalytisch mit dem Model 1 des LSMLMW-Computerprogramms nach HARVEY (1987) ausgewertet. In V1 wurden als fixe Effekte die Luftqualität, das Haltungsverfahren, das Geschlecht und die Wiederholung sowie die Interaktion zwischen Luftqualität und Haltung, Wiederholung und Luftqualität, Wiederholung und Haltung, Luftqualität und Geschlecht bzw. Haltung und Geschlecht im Model berücksichtigt. In V2 gingen als fixe Effekte die Luftqualität, die Wiederholung und das Geschlecht sowie die Interaktion zwischen Wiederholung und Luftqualität, Luftqualität und Geschlecht in das Model ein.

In der Ergebnistabelle werden die LSQ-Gruppenmittelwerte nur für die Haupteffekte (Luftqualität, Geschlecht) und die Residualstandardabweichungen (s) aus der Varianzanalyse angegeben. Fett hervorgehobene LSQ-Mittelwerte weisen auf jene signifikanten Gruppendifferenzen ($p < 0{,}005$) innerhalb der Haupteffekte hin, bei denen die multiplen Mittelwertsvergleiche (Interaktionen der Haupteffekte) nach dem Bonferroni-Holm Test (ESSL 1987) keine signifikanten Differenzen ergaben.

3 Ergebnisse

Im Raum der Versuchsgruppe SL stellte sich auf Grund der stark gedrosselten Luftrate eine als subjektiv sehr belastend empfundene Luftqualität ein. Gemessen werden konnten hohe Luftfeuchtigkeitswerte, zeitweise bis zum Sättigungspunkt (mit viel Kondensat an den Wänden) und hohe Fremd- und Schadgasgehalte. Die in Tabelle 1 ausgewiesenen Mittelwerte von rund 77 % rel. Feuchte, 3 600 ppm CO_2 und 46 ppm NH_3 beinhalten naturgemäß höhere Spitzenwerte. Die Ammoniakkonzentrationen lagen in SL nicht selten bei 50 - 70 ppm mit einzelnen Spitzen bis 100 ppm. Zu Zeiten offen stehender Türen (Kontrollen) und bei Wetterlagen mit hohen Windgeschwindigkeiten sanken die Messwerte aber auch weit unter das Mittel. Im stark gelüfteten Raum GL konnten durchgehend Luftzustände eingehalten werden, die nach den Erfahrungen der Praxis als gut zu bezeichnen sind. In der Tabelle 2 werden die Mastleistungsergebnisse für V1 und V2 dargestellt.

Tab. 2: LSQ-Mittelwerte der Mastleistungsdaten sowie s- und P- Werte beider Versuche
LSQ-mean values of growth rate and feed conversion, standard deviation and P-values of both experiments

		Luftqualität (L)		Geschlecht (G)			P-Werte	
		GL	SL	Ξ	X	s	L	G
VERSUCH 1								
Tiere	Anzahl	30	30	31	29			
LM-Beginn	kg	38,6	37,7	38,4	37,8	4,7	0,452	0,614
LM-Ende	kg	**109,2**	**104,3**	106,6	106,9	5,4	0,001	0,838
Dauer	Tage	98,1	98,6	**96,4**	**100,3**	7,4	0,773	0,048
Tageszunahmen	g	**719**	**675**	707	687	54	0,003	0,150
Futteraufnahme	kg T	168,2	173,2	171,3	170,2	19,5	0,328	0,828
	kg T/Tag	1,72	1,76	1,78	1,70	0,16	0,433	0,087
Futterverwertung	kg T/kg Z.	**2,41**	**2,63**	2,53	2,51	0,31	0,007	0,760
XP-Verwertung	g XP/kg Z.	**468**	**511**	493	487	59	0,007	0,715
ME-Verwertung	MJ ME/kg Z.	**34,2**	**37,4**	35,9	35,6	4,4	0,007	0,779
VERSUCH 2								
Tiere	Anzahl	31	31	31	31			
LM-Beginn	kg	35,1	36,0	35,8	35,4	3,5	0,288	0,655
LM-Ende	kg	**97,1**	**94,0**	96,4	94,7	5,8	0,037	0,251
Dauer	Tage	**98,7**	**104,4**	100,6	102,4	6,6	0,001	0,299
Tageszunahmen	g	**628**	**551**	602	578	68	0,000	0,180
Futteraufnahme	kg T	159,4	156,8	160,3	155,8	14,2	0,479	0,224
	kg T/Tag	**1,63**	**1,51**	1,61	1,53	0,19	0,016	0,145
Futterverwertung	kg T/kg Z.	**2,61**	**2,78**	2,70	2,68	0,23	0,006	0,697
XP-Verwertung	g XP/kg Z.	**497**	**525**	513	509	44	0,014	0,731
ME-Verwertung	MJ ME/kg Z.	**38,2**	**40,6**	39,6	39,2	3,4	0,007	0,700

In beiden Versuchen V1 und V2 kam es durch Haltung der Tiere in schlechter Luftqualität zu einer signifikanten Abnahme der Tageszunahmen. Dieser Effekt war in V2 deutlicher ausgeprägt als in V1 (V1: - 44 g; V2: - 77 g). Das durchschnittliche Zunahmenniveau von V1 lag mit 697 g wesentlich über dem von V2 mit 590 g.

In der Futteraufnahme bestand in V1 keine auf die Luftqualität zurückzuführende Differenz. Hingegen fraßen die Schweine in V2 in der schlechten Luft bei längerer Mastdauer signifikant weniger Futter pro Tag. Die Verwertung des Futters, der Energie und des Rohproteins war in beiden Versuchen in den Versuchsgruppen mit schlechter Luftqualität über die gesamte Versuchsdauer signifikant verschlechtert. Der Futterbedarf pro kg Zuwachs (kg T/kg Zuwachs) erhöhte sich bei der Versuchsgruppe in V1 von 2,41 auf 2,63 und in V2 von 2,61 auf 2,78.

Aus den nicht dargestellten Ergebnissen von V1 geht hervor, dass sich im Durchschnitt über GL und SL kein signifikanter Einfluss des Haltungssystems auf die Mastleistung ergab. Mit einer Ausnahme (Mastdauer in V1) wurde auch kein Geschlechtseinfluss ermittelt. Bei allen klinischen, bakteriologischen und histologischen Parametern und bei den Schlachtkörpern ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchs- und Kontrollgruppen.

4 Diskussion

Beide Versuche weisen Bedingungen auf, die den praktischen Verhältnissen möglichst nahe kommen sollten. Die in SL gegebenen hohen Schadgasgehalte werden immer wieder in der Praxis vorgefunden, ebenso aber auch diejenigen in GL, wenn die Lüftungsanlagen optimal betrieben werden. Die Veränderung der Versuchsanordnung nach den ersten beiden Wiederholungen (V1) ergab sich aus deren Zwischenauswertung: Die Teilspaltenbodenbuchten (TS) verschmutzten derart - vor allem in SL mit der hohen Luftfeuchtigkeit -, dass die in früheren Versuchen (BARTUSSEK ET AL. 1992) nachgewiesenen positiven Effekte einer Stroheinstreu nicht auftraten (in GL nur tendenziell). Das überraschende Ergebnis, dass die Schweine bei sehr schlechter Luft zwar deutlich schlechter zunahmen, sich aber im klinischen, bakteriologischen und histologischen Befund nicht unterschieden, war Anlass, bei den weiteren Wiederholungen (V2) eine zusätzliche künstliche Infektion zu setzen. Diese Maßnahme führte zu einer Erhöhung der *Pasteurella multocida*-Befunde nur beim ersten Nasentupfertermin nach dem „challenge" unabhängig von der Luftqualität, aber weder zu einer erhöhten klinischen Erkrankungsrate noch zu einer Verschlechterung der histologischen oder der einwandfreien Lungenbefunde am Schlachtkörper. Die deutlich schlechteren Leistungen in V2 müssen dennoch - zumindest teilweise - auf den challenge-bedingten zusätzlichen Stress zurückgeführt werden.

Trotz aller Vorsicht, die bei Versuchen mit insgesamt relativ geringen Tierzahlen geboten ist, lassen sich die Ergebnisse zusammenfassend wie folgt deuten:

- Die wichtigste Voraussetzung für gesunde Mastschweine sind gesunde Ferkel.
- Gesunde Ferkel vertragen sogar extrem schlechte Stallluft während einer nur rund 100 Tage dauernden Mast ohne klinische Erkrankungen der Atemwege.
- Hingegen führen hohe Schadgasgehalte in der Stallluft (∅ 3 600 ppm CO_2; 45 ppm NH_3) im Vergleich zu durchschnittlich guten Verhältnissen (1 500 ppm CO_2; 15 ppm NH_3) zu einer signifikant geringeren täglichen Zunahme (∅ - 60,5 g) und schlechterer Futterverwertung (∅ + 0,195 kgT/kgZ.). Dieses Ausmaß ist jedenfalls wirtschaftlich relevant.
- Die Leistungsabnahme wird nicht durch klinisch nachweisbare Erkrankungen bewirkt, sondern wahrscheinlich durch unspezifische Stressreaktionen. Diese Annahme und die Konsequenzen im Hinblick auf den Tierschutz müssen weiter abgeklärt werden.

5 Literatur

BARTUSSEK, H., R. STEINWENDER, A. HAUSLEITNER, A. SCHAUER UND J. SÖLKNER: Die Leistung von Mastschweinen in Gruppen auf Vollspalten und in dänischen Buchten mit Stroh - im Warm- und Kaltstall. Veröffentlichungen Nr. 17, BAL Gumpenstein, Irdning, 1992

BARTUSSEK, H., M. EGERBACHER, J. FLATSCHER, J. GASTEINER, A. HAUSLEITNER, M. SCHUH, A. STEINWIDDER, J. TROXLER, I. WALTER, TH. GUGGENBERGER UND A. SCHAUER: Die Auswirkung schlechter Stallluft auf Leistung, Verhalten und Gesundheit von Mastschweinen. Veröffentlichungen Nr. 32, BAL Gumpenstein, Irdning, 2001 (im Druck)

ESSL, A.: Statistische Methoden in der Tierproduktion. Verlagsunion Agrar, Wien, 1987, S. 316

GUERERRO, R.J., J.A. NIYAT, P.L. GORHAM, L.E. WATKINS, H. BROWN, E. OSE, R.L. OLSON AND L. STOBS: Incidence and economic implications of pneumonias and atrophic rhinitis in pigs in the US and Canada. Proc. 10th Cong. Int. Pig Veterinary Society, Rio de Janero, Brazil, 1988, p. 421

HAMILTON, T.D.C., J.M. ROE AND A.J.F. WEBSTER: Synergistic Role of Gaseous Ammonia in Etiology of *Pasteurella mutocida*-Induced Atrophic Rhinitis in Swine. Journal of Clinical Microbiology, Sept. 1996, p. 2185-2190

HAMILTON, T.D.C., J.M. ROE, P. JONES, S. BARNARD AND A.J.F. WEBSTER: Effect of chronic exposure to gaseous ammonia on the nasal turbinates of gnotobiotic pigs. Inhalation Toxicology 10, 1998, p. 753-764

HARVEY, W.R. (1987): User's Guide for LSMLMW PC-1 Version, Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program, The Ohio State University, Columbus, 1987, 59 S.

HOY, ST. UND G. MEHLHORN: Entstehungsbedingungen und Auswirkungen ausgewählter infektiöser Faktorenkrankheiten der Schweine. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungswirtschaft 25, 1987, Heft 6

HOY, ST.: Zu den Auswirkungen von Atemwegserkrankungen auf die Mast- und Fruchtbarkeitsleistungen der Schweine. Der praktische Tierarzt, 1994, 2, S. 121-127

ROBERTSON, J.F.: Pig health and air quality. Pig Veterinary Journal 26, 1991, S. 39-47

The effect of bad stable air quality caused by reduced ventilation rates on performance and health of fattening pigs

BARTUSSEK, HELMUT, ANDREAS STEINWIDDER, ANTON HAUSLEITNER, JOHANN GASTEINER, ANTON SCHAUER AND THOMAS GUGGENBERGER

Federal Research Institute for Agriculture in Alpine Regions, BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning, Austria

The effect of high levels of air polluting substances produced by reducing ventilation rates in pig housing - such as gaseous ammonia, carbon dioxid, organic gases, dust and water vapour - on growth rate, feed conversion and health of growing finishing pigs was measured in two experiments (V1, V2) with two repetitions each. In each repetition 32 healthy piglets of about 37 kg LM were allocated to 4 experimental groups, each composed of 8 animals. Two groups were housed in each of two separated identical rooms (figure 1) and at same ambient air temperatures of about 22 °C and got exposed continuously over the whole fattening period

either to bad air (SL) with naturally varying concentrations of 46 ppm NH_3, 3 600 ppm CO_2 and 77 % rel. humidity as mean values or to good stable air (GL) with respective mean concentrations of 16 ppm NH_3, 1 500 ppm CO_2 and 48 % r.h. The pigs were restrictively fed concentrates at electronic feeding stations (EFS) according to a standardised growth model (daily intake of ME increasing from 19,3 MJ at 35 kg LM to 33,0 MJ at 110 kg LM). Climatic parameters, daily feed intakes and current weights of animals were recorded automatically. Clinical inspections and examinations of bacterial status of mucous membranes of snouts (by swabs) were realised three times during each fattening period (beginning, middle, end). Right after slaughter (at about 100 kg LM) samples of mucous membranes of snouts were taken for histological findings and lungs and livers were examined. In V1 one of the groups in each room was held on fully slatted floor (VS) the other one in a partly slatted floor pen (TS) with chopped straw litter on the solid floor part. As in V1 treatment TS did not show significant effects compared to VS it was done away with in V2 (only fully slatted pens). Furthermore, in V2 to simulate a reduced health status as given very often under practical conditions, all piglets at the beginning of the fattening period were inoculated with 2 x 10^9 toxigenic *Pasteurella multocida* type A organisms given intranasally, and in addition feeding regime was altered to a two-phase system reducing protein supply in the finishing period.

Results of growth rate and feed utilisation are shown in table 2 including the main effects of stable air quality (L) and sex (G) as well as standard deviations and P-values, significant findings pointed out by bold numbers. In both trials pig performance was significantly reduced by exposing the animals to bad air quality (SL). In V1 feed intake and duration of fattening period were the same in both experimental groups but in groups effected by bad air daily gains dropped by - 44 g from 719 g (GL) to 675 g (SL) and feed conversions worsened by + 0,22 kg DM/kg gain from 2,41 (GL) to 2,63 (SL). In V2 with artificially infected pigs performance in both rooms was worse. Furthermore, pigs exposed to bad stable air ate less feed per day (1,63 (GL) vs. 1,51 (SL) kg DM/day) and grew more slowly than the animals of the control groups. Respective performance numbers were 628 (GL) and 551 g (SL) (= - 77 g) in daily gains and 2,61 (GL) and 2,78 (SL) (= + 0,17 kg DM/kg gain) in feed conversions.

In both experiments, treatment by bad air quality had no effects on clinical, bacteriological and histological health status. Lungs of all animals were OK at slaughter. in V2 bacteriologic findings showed an increase in *P. multocida* counts only in those nasal swabs taken 10 days after the challenge but not in later controls and independent of the treatment by different air qualities. Yet, artificial infection must have caused additional stress resulting in depressed performance.

The findings cautiously allow the following conclusions:

- For successful fattening of pigs using healthy piglets seems more important than providing good stable air conditions;
- even under very severe stable air situations as caused by strongly reduced air exchange rates piglets that are healthy at about 35 kg LM do not produce clinical or bacteriological symptoms of affected respiratory tracts during about 100 days of fattening period;
- however, high concentrations of air polluting gases (3600 ppm CO_2; 45 ppm NH_3 on average) compered to good conditions (1500 ppm CO_2; 15 ppm NH_3 on average) cause significantly reduced daily gains (- 60,5 g on average) and feed conversion rates (+ 0,195 kg DM/kg gain on average), which economically is of significant relevance;
- this reduction of performance very likely is a result of unspecific stress reactions to bad air quality. This hypothesis and its consequences for the well being of the pigs kept under such severe conditions must be inquired more closely.

Sustainable pig production with the Hercules-system

OGINK, NICO[1]; ANDRÉ AARNINK[1]; ANITA HOOFS[2] AND IZAK VERMEIJ[2]

[1] Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG), P.O.Box 43, NL-6700 AA Wageningen, The Netherlands
[2] Research Institute for Pig Husbandry, P.O. Box 43, NL-5240 AB Rosmalen, The Netherlands

1 Introduction

In the Netherlands pigs are produced on approximately 21000 farms that are highly concentrated in the eastern and southern part of the country. Pig production contributes in a substantial way to the national economy in terms of employment and export of products. In 1996, the total value of the sector was assessed at 2.5 billion € (PVVE 1997). Pig production was subject to frequent public debate in recent years, because of environmental problems and concern on animal health and welfare issues.

Pig production relies mainly on the import of feeds from overseas and the use of residues from the food processing industry. The greater part of these imported minerals end up in pig slurry. Strong concentration of pig farms in restricted areas and the limited availability of nearby land for slurry application resulted in excessive use of slurry in these regions (MANF 1997). Associated soil and groundwater pollution with nitrogen and phosphorous compounds induced strict regulations on the use of pig slurry and forced pig producers to transport excess slurry to other regions. These regulations have reduced the acceptance of slurry by crop farmers and increased the costs of off-farm disposal.

Pig production is responsible for approximately one third of the total ammonia emission from livestock production systems in the Netherlands (OUDENDAG 1993). The negative effects of ammonia emission on the environment, resulting in acidification and eutrification of natural ecosystems, led to the introduction of legislation aimed at reducing the emission from livestock production systems by 70 % in 2005 compared to the 1980 level. Besides ammonia, odour emission from pig facilities is causing nuisance to the surrounding residential areas, and generally lowers acceptance of large scale pig operations by the society.

The structure of Dutch pig production is characterized by high concentrations of farms and frequent transports between specialized operations for piglet production and fattening. It has shown to be prone to outbreaks of contagious diseases. Such outbreaks cause extreme economic losses as result of export bans and eradication costs. Public awareness of animal welfare issues in pig production was boosted by the 1997 swine fever outbreak. It drew attention to the industrial approach in large scale pig operations with high animal concentrations. These events catalyzed the introduction of new regulations on animal welfare. These regulations focus on an increase of minimum available space per animal and the satisfaction of basic animal behaviour needs, introducing group-housing of sows and provision of straw in pens for fatteners.

The Dutch pig production sector will only maintain its current position if it succeeds in modifying its production methods into sustainable and socially more acceptable systems. Given the wide variety of constraints that confront Dutch pig production it is believed that fully integrated approaches are required in designing production systems that cope with the environmental and animal welfare demands. These approaches consider the effects of intended

modifications on all elements and aspects of the entire production system. Inclusion of all components in the design process is required, as opposed to conventional approaches that develop innovations to fit into the standard systems.

This paper describes a new integrated approach, called the Hercules pig production system that considers the complete production chain, and is currently developed by a research group with multidisciplinary collaboration between research centres and private companies.This system may serve as an example of an innovative pig production system with integrated manure and emission control. The paper describes its goals, basic concepts and results from the ongoing research with special attention to testing in a pilot compartment during 2000, and future perspectives.

2 The Hercules production system

The overall goal of the Hercules project is the development of an innovative farm concept for pig production and valuable fertilisers, including:

- an improved sustainability score compared to conventional fattening pig systems
- manure management directed at on farm production of fertilisers from urine and faeces.
- minimisation of ammonia and odour emission
- use of organic waste input in pig diets;
- creating conditions for improved animal health and animal welfare standards

A joint multidisciplinary research project started in 1998 in which three research centres and six private companies collaborate with the objective to produce a blueprint of the envisaged system by the end of 2000, and to test the system at full-scale between 2001 and 2003. An outline is given below of the adopted basic concept.

The core of the Hercules project is the chain from animal feed via digestion by pigs in an optimal environment (with regard to growth results, health and welfare) to fertiliser production from separately collected faeces and urine. All steps in the on-farm processing of pig waste for fertiliser production are based on the direct separated collection of faeces and urine. It facilitates concentration and stabilisation of both products as explained hereafter, and increases the market potentials by isolating nearly all excreted P in the solid fraction and non-organic N in the liquid fertilizer. A system under the defecating area in the pig pen should ensure this separation. One of the systems that has proven to be capable of efficiently separating urine and faeces is the convex conveyor belt (KROODSMA ET AL. 1998), and has been further developed into an operational stage in this research. Faeces dropping through a slatted floor accumulates on the belt and urine flows from the belt into a collection system. Frequent removal of the faeces can be ensured by running the conveyor belt. Separate collection of faeces and urine and rapid removal of both fractions improves hygienic and climatic conditions in the animal confinement area. Moreover this type of manure handling facilitates the use of straw in pens for animal welfare reasons, as it can be easily removed by the conveyor belt.

Pig droppings collected from the separation system are subject to anaerobic degradation processes in a composting reactor. Aerobic composting of the material produces a stable product with 60-70 % DM utilising the heat from the degradation process for drying. Ammonia in the outlet air of the reactor will be contained in the acid scrubber through wich the outlet is led. The porosity of fresh pig faeces is too low for direct composting. Addition of a bulking material and predrying before is necessary to ensure aeration. In the Hercules system, straw is

supplied to the pigs for animal welfare considerations. This straw may serve as well as a bulking agent in the composting process.

Pig urine contains about 40 % of the excreted nitrogen and almost no phosphorus. By concentration of the urine, a liquid nitrogen/potassium fertiliser may be produced. In the Hercules system, urine is concentrated by water evaporation using the energy from exhaust ventilation air that is warmed up by the metabolic heat from the pigs. A modified air scrubber is in development that combines concentration of the urine and scrubbing ammonia from the outlet air. Experimental results and model calculations sofar indicate that urine can be 5 times concentrated with the available energy in the outlet air. Ammoniacal nitrogen may be retained in the liquid by lowering the pH before the evaporation process. This is achieved by adding nitric acid to the liquid before evaporation. Nitric acid addition will spike the liquid with nitrate ions adding to its fertilising value.

The outlet air of the swine house and the composting reactor is scrubbed by acidified urine in the modified air scrubber. Both the emission of ammonia and dust will be eliminated to a large extent. Experiments showed reductions in ammonia emissions in the range of 75-95 %. Given the frequent removal of manure from the animal compartments odor emissions are expected to be low. All outlet air of the animal compartments is led through a central corridor to enable the air scrubbing treatment.

Frequent removal of manure from the compartments improves air quality in the compartments. To diminish heat stress and to keep dunging restricted to the slatted areas, the non-slatted floor surfaces of pens will be cooled during summer periods. Provision of straw will be implemented to satisfy behavourial needs.

3 Testing of the system in a pilot compartment

In preliminary research the main components of the system (the convex belt separation system, 75 % concrete floor-slatted floor ratio, treatment of liquid and solid manure, scrubbing of outlet air) were tested separately in laboratory and experimental facilities during 1998 en 1999 (OGINK ET AL. 2000). The findings from this work stood at the basis of the design and construction of a pilot compartment for 80 fattening pigs at the Sterksel experimental pig station of the Research Institute for Pig Husbandry. The pilot compartment was completed by March 2000 and used for testing of the system from then on. The objective of the research in the pilot unit was to test the system, including the housing and the manure treatment facilities, at a higher integrated level. This step was considered essential to gain enough experience before starting full-scale testing at farm level. A brief description of the compartment and some first results from the experimental work are reported hereafter.

Lay-out of the compartment

The compartment was constructed within an existing pig house and consisted of 4 pens, and adjacent rooms for treating and storing of the manure, and measuring equipment. In Figure 1 the lay-out of the compartment is given. In each pen 20 animals were housed with 1 m^2 available floor per pig, thus complying with current welfare regulations. In the pen 25 % of the floor consisted of slats, with the convex belt conveyor underneath. Part of the slats were equipped with steel obstacles to prevent lying on the slats. The concrete floor was sloping at 5 % to the slats, and contained a heating and cooling system based on a closed water circuit. A liquid feeding system (2 feeding positions per pen) was installed that allowed the feeding of

liquid by-products from the food industry. In each pen a rack was constructed for straw (approx. 50 grammes/day/animal) that was once daily supplemented.

Inlet of air was provided by a shaft below the walking area of the pigs, through slats in the feeding passage. Air left the compartment through the slats in the pens, over the convex belt, into another shaft that led to the scrubber/evaporator in the adjacent treatment room.

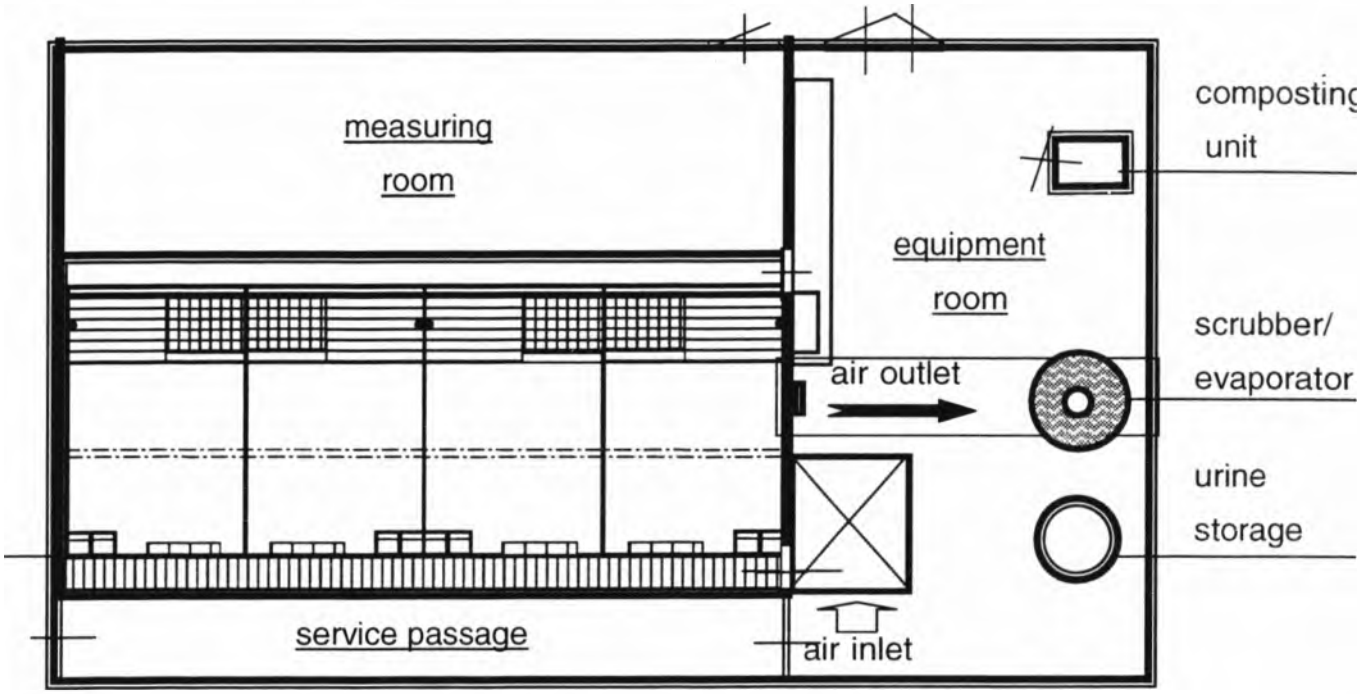


Fig.1: Lay-out of the Hercules pilot compartment at Sterksel

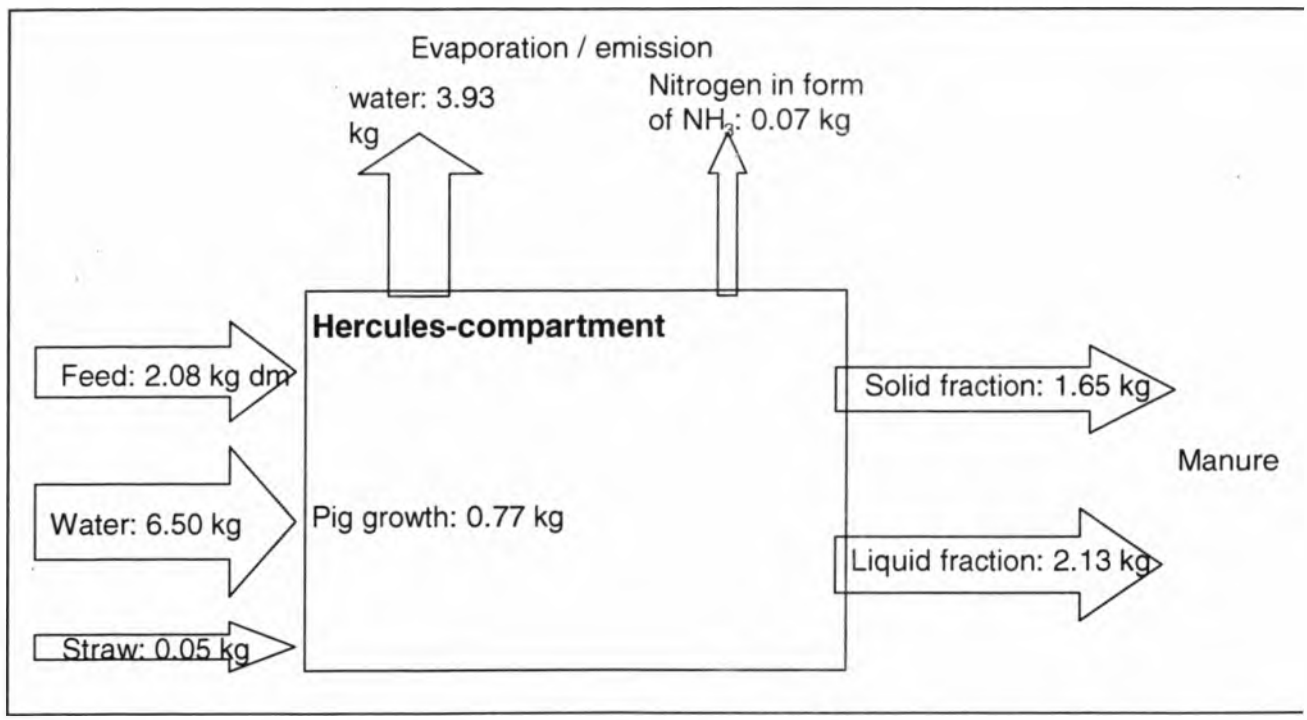


Fig. 2: Mass flow of the main in- and outputs in the Hercules compartment per day per pig

Experimental work

The mass flows of the main in- and outputs of the system were measured over two fattening periods (April-July, July-October 2000) based on sampling during one day in periods of three weeks each. During these periods the equipment in the compartment functioned satisfactorily.

The results are summarized in the following. The average growth amounted 770 g $(day.pig)^{-1}$. The compositions of the solid fraction and liquid fraction, amounting 1.65 and 2.13 kg $(day.pig)^{-1}$, are listed in Table 1, and the distribution of the components over the solid and liquid fraction are in Table 2.

Table 1: Composition of solid and liquid fractions of the manure during 2 fattening periods

Component		Solid fraction	s.e.m.	Liquid fraction	s.e.m.
N_{tot}	g/kg	10.94	0.46	4.30	0.7
NH_4-N	g/kg	2.34	0.15	3.58	0.37
P_{tot}	g/kg	2.97	0.22	0.21	0.10
K_{tot}	g/kg	8.05	0.63	5.91	0.14
DM	g/kg	252	10	27	3
Ash	g/kg	43.9	2.7	14.3	0.7
pH	-	6.94	0.14	8.66	0.2

Table 2: Percentage of the different components removed with solid and liquid fractions

	Solid fraction	Liquid fraction	s.e.m.
Mass	44	56	2
N_{tot}	67	33	3
NH_4-N	35	65	3
P_{tot}	93	7	2
K_{tot}	50	50	3
DM	88	12	1
Ash	70	30	2

The excreted amounts of solid and liquid fractions are considerably higher than in earlier experiments (OGINK ET AL. 2000), being 27 and 64 % higher. The main reason for this increase was the use of liquid feed based on by-products compared to dry compound feed in earlier tests. The use of local by-products are attractive from both an ecological (less transport and energy use) and economical (low cost) point of view. Yet, compared to standard feeds, a larger amount of manure is produced and has to be treated and concentrated. From Table 2 it can be seen that the belt separation was successful in creating two different manure products and provides a basis for application in a wide range of arable crop products.

4 Future perspectives

The outlined research presents an unconventional approach in the design of a pig production system that may cope with a number of urgent environmental problems and reduced social acceptability of pig production. Key element in this approach is to find integrated solutions

where improvements in one field should not severe problems in other areas. Compared to conventional systems the new approach should eventually result in considerable improvements in sustainability and animal welfare standards at acceptable economic costs. Economic evaluation has been carried out by comparing additional investment and operational costs against current conventional housing systems. At this stage of development additional investments per pig place are estimated to be 20-25 % higher. It is expected that this can be reduced during further development. These costs has to be counterbalanced by better animal performance and institutional rewards for the higher sustainability score. Succesful introduction in farm practice will eventually depend on the outcomes of the technical and economic performances of the system during testing on a larger pilot-scale, as foreseen from 2001 on.

5 Literature

KROODSMA, W., N.W.M. OGINK, I.H.G. SATTER AND H.C. WILLERS: A technique for direct separation of pig excrements followed by on-farm treatment of the components. International conference on agricultural engineering, Oslo, August 1998, p. 213-214

MANF: Facts and Figures 1996/1997, highlights of Dutch agriculture, nature management and fisheries. Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, Department of Information, The Hague, 1997, 95 pp

OGINK, N.W.M., H.C. WILLERS, A.H.M. VEEKEN AND H.V.M. HAMELERS: The Hercules pig production system: a new farm system for sustainable production of pigs and fertilisers. Proceedings of the AgEng conference, june 2000, Warwick, UK

OUDENDAG, D.A.: Reductie van ammoniakemissie: Mogelijkheden en kosten van beperking van ammoniakemissie op nationaal en regionaal niveau (Reduction of ammonia emissions: possibilities and costs). Onderzoeksverslag 102, LEI-DLO, 1993, The Hague, 82 pp

PVVE: Livestock, Meat and Eggs in the Netherlands, 1997. Product Boards for Livestock, Meat and Eggs, Rijswijk, the Netherlands, 1997, 49 pp

6 Summary

This paper describes the development of an innovative farm concept for pig production and valuable fertilisers with a high sustainability score and better conditions for animal health and welfare. At the basis of the housing concept is a system that allows separated collection of faeces and urine in the animal pen followed by on-farm treatment of both fractions. Separate collection and rapid removal of both fractions improves hygienic and climatic conditions in the animal confinement area. The separation also creates options for separate processing and production of a nitrogen rich liquid fertiliser and a stabilised solid fraction containing all the phosphorus. The urine is concentrated by water evaporation using exhaust ventilation air and metabolic heat from the pigs. The evaporation process is combined with a scrubbing technique to control emission. Animal health and welfare are subject to research in the project. Optimised climate control, confinement area available to animals and provision of straw to fulfil behavourial needs all receive attention in the system design. The system is currently being developed by a research group with multidisciplinary collaboration between research centres and private companies. The paper describes the approach followed in the development of the system design and some results from the research in a pilot compartment during 2000.

Gruppenhaltungsverfahren für tragende Sauen mit Breinuckelfütterung

CIELEJEWSKI, HORST UND BERNHARD FELLER

Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Schorlemerstr. 26, 48143 Münster

1 Ziel

In den Rechtssetzungen zum Tierschutz werden Haltungsverfahren für Sauen gefordert, die den Sauen Bewegungsmöglichkeiten einräumen, die in den in der Praxis dominierenden Kastenständen normalerweise nicht zu Stande kommen. Die schon bekannten Verfahren der Sauenabruffütterung und Dribbelfütterung sind Gruppenhaltungsverfahren für tragende Sauen, die eine freie Gestaltung der Buchten und Bewegung der Sauen ermöglichen. Allerdings haben diese Haltungssysteme in der Praxis bisher keine überzeugende Verbreitung gefunden. Als neues Verfahren ist seit kurzem die Gruppenhaltung mit Breinuckelfütterung hinzugekommen. Deshalb wurde diese Verfahren gezielt untersucht.

2 Methode

Auf einem praktischen, landwirtschaftlichen Betrieb wurden zwei Buchten für jeweils 11 bis 16 Tiere eingerichtet, in denen je 1 Breinuckelstation installiert wurde. Die Breinuckelstationen wurden mit einer zusätzlichen Erkennungsantenne und einem dazugehörigen Aufzeichnungsprogramm ausgestattet, so dass die einzelnen Sauen an der Station identifiziert und den Besuchen an der Station die jeweiligen Uhrzeiten zugeordnet werden konnten. Zusätzlich wurde registriert, ob die Sau auch über ein Futteranrecht verfügt oder nicht. Die Erfahrungen des Landwirts zum Tierverhalten beim Eingewöhnen und Anlernen der Sauen und im weiteren Verlauf dieser Haltungsphase wurden ergänzt durch Videoaufzeichnungen. Die Sauengruppen wurden aus Jungsauen oder aus Altsauen zusammengestellt. Das System der Breinuckelfütterung war allen Sauen unbekannt.

Zusätzlich wurde eine Befragung von ca. 30 landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt, um die breiten praktischen Erfahrungen für die Bewertung des Verfahrens zu nutzen.

3 Ergebnisse

Aus den aufgezeichneten Daten der Stationen lässt sich rekonstruieren, dass die Stationen über den Tagesablauf in unterschiedlichem Maße besucht werden. Aus der Anzahl der Besuche und dem Anteil der Zeit, die die Sauen am Breinuckel je 60 Minuten verbringen, lässt sich die Auslastung der Station ermitteln. Aus dem Verlauf ergibt sich, dass die Stationen nachts deutlich weniger in Anspruch genommen werden als in der übrigen Zeit. Aber auch in den Hauptfutterzeiten frühmorgens und spätnachmittags sind die Stationen mit bis zu 16 Tieren nicht ausgelastet. Auch in diesen Phasen sind die Stationen nur bis zu 75 % ausgelastet, also ist die Futterstation im Durchschnitt nur 45 Minuten je Stunde genutzt.

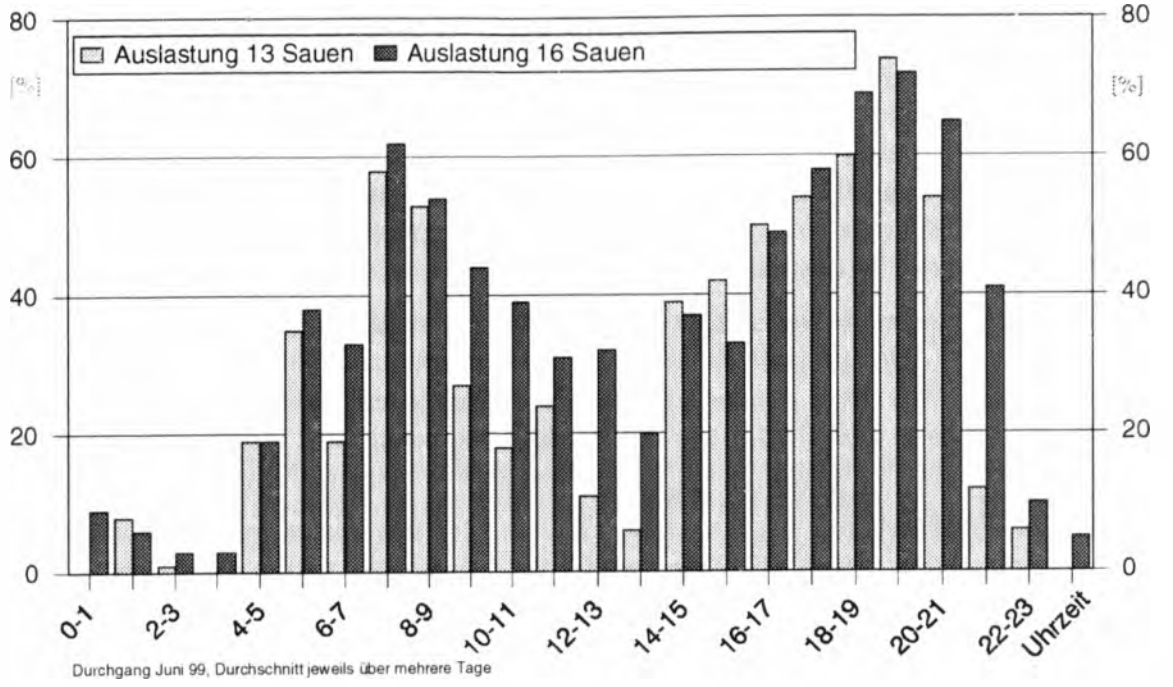


Abb.1: Wie viel % einer Stunde ist der Breinuckel belegt?
Use of the suckling feed dispenser in % of an hour

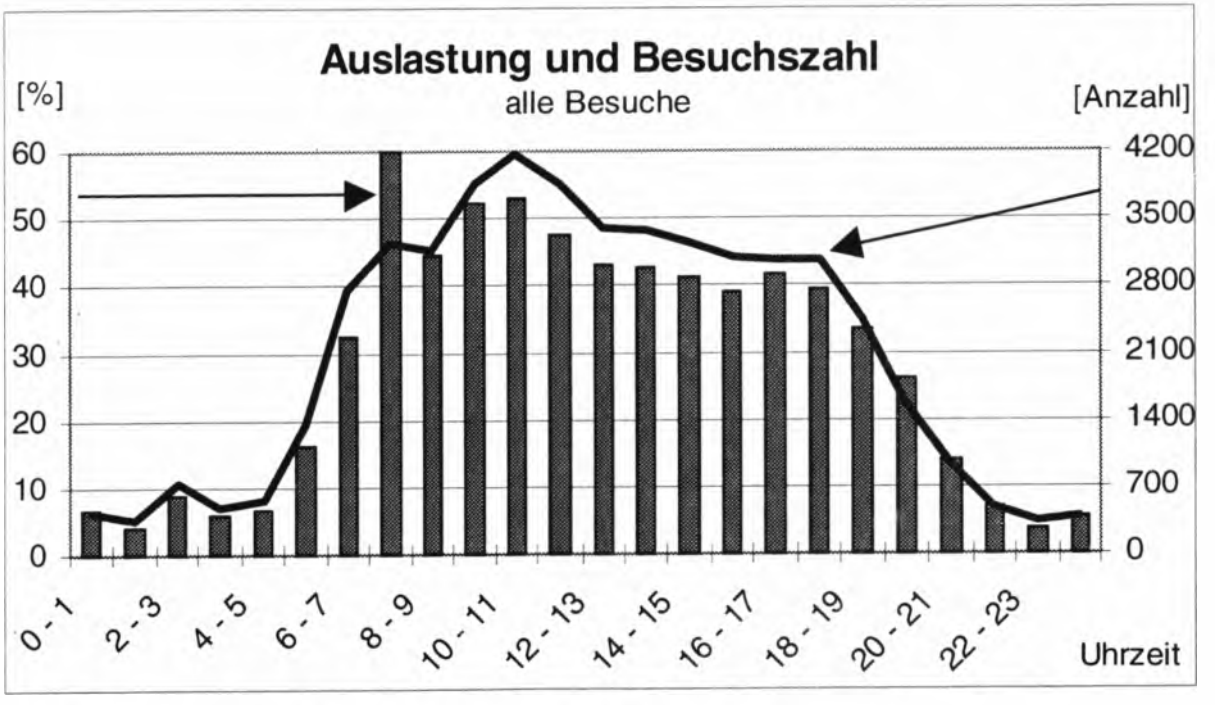


Abb. 2: Auslastung und Anzahl der Besuche bei Breinuckelfütterung
Use and number of visits at a suckling feed dispenser

Nicht alle Gruppen zeigen dieses zweigipfelige Fressverhalten. Jungsauen, die vermutlich noch nicht an feste Futterzeiten z.B. durch andere Fütterungsverfahren gewöhnt sind, beginnen ihren Futtertag mit dem Tagesstart der Fütterung (hier ca. 8 Uhr). Zu dieser Zeit häufen sich auch Besuche ohne Futteranrecht, um zu testen, ob schon wieder Futter freigegeben ist. Im weiteren Verlauf des Vormittags wird die Breinuckelstation intensiv zum Fressen benutzt mit relativ wenigen Fehlbesuchen. Die Auslastung liegt hier dann bei 55 bis 60 %, wenn nur 11 Sauen am Breinuckel gehalten werden; etwa 50 % Auslastung durch Besuche mit Futteranrecht und ca. 4 bis 6 % ohne Futteranrecht. Im Laufe des Nachmittags geht die Nutzung etwas zurück und ab ca. 19 Uhr beginnt dann in dieser 11er Jungsauengruppe die Nachtphase mit wenigen Besuchen an der Futterstation.

Diese Aufzeichnungen zur Auslastung der Futterstationen zeigen, dass bei diesem Haltungsverfahren „Breinuckel-Kleingruppe" etwa 20 Sauen an einem Breinuckel gehalten werden können und die einzelnen Tiere dennoch zu ihren „Wunschzeiten" fressen können, also auch rangniedere Tiere nicht zwangsläufig nur nachts die Breinuckel ohne Abdrängungen nutzen können.

Im Besuchs- und Fressverhalten der einzelnen Tiere an der Futterstation gibt es deutliche Unterschiede, wie die Daten in den Tabellen 1 und 2 für einige ausgewählte Tiere einer Gruppe zeigen.

Tab. 1: Besuchsdauer einzelner Sauen am Breinuckel an 8 Beobachtungstagen
Visiting period of some sows at the suckling feed dispenser at 8 days of observation

Sau-Nr.	Dauer [h]	Beobachtungstage 1	2	3	4	5	6	7	8
334	Besuchsphasen	1:35:50	1:52:58	1:48:59	1:19:28	1:17:47	1:32:23	1:27:55	1:19:20
	Einzelbesuche alle	1:16:54	1:08:13	1:24:13	1:12:26	1:04:39	1:00:28	1:15:25	1:04:39
	Einzelbesuche mit Futteranrecht	1:05:49	0:55:55	0:59:08	1:02:53	0:55:53	0:42:26	1:02:03	0:46:18
965	Besuchsphasen	0:39:40	0:51:38	0:51:16	0:56:16	1:00:52	1:10:52	0:58:52	0:42:44
	Einzelbesuche alle	0:35:26	0:48:43	0:47:59	0:55:36	0:58:23	1:05:01	0:52:37	0:42:26
	Einzelbesuche mit Futteranrecht	0:30:41	0:41:43	0:39:58	0:48:27	0:43:20	0:49:30	0:39:36	0:31:21
543	Besuchsphasen	1:04:35	1:10:18	0:50:56	1:02:49	1:28:29	0:59:33	1:03:37	0:55:41
	Einzelbesuche alle	0:49:36	0:56:17	0:38:04	0:55:20	0:59:08	0:38:39	0:49:09	0:44:34
	Einzelbesuche mit Futteranrecht	0:44:35	0:49:16	0:36:21	0:47:02	0:48:57	0:37:47	0:44:59	0:41:42
404	Besuchsphasen	0:59:34	0:57:27	0:56:23	0:49:58	0:54:40	0:53:03	0:49:41	0:47:51
	Einzelbesuche alle	0:49:57	0:54:25	0:47:40	0:43:57	0:48:27	0:48:29	0:41:15	0:43:07
	Einzelbesuche mit Futteranrecht	0:47:12	0:52:41	0:45:56	0:42:57	0:46:51	0:46:46	0:40:49	0:41:23

So halten sich die einzelnen Tiere durchschnittlich zwischen 50 Minuten und 1,5 Stunden im Bereich des Breinuckels auf, hier aufsummiert aus der Eintrittszeit zu Beginn einer Fressphase

und der Zeit beim Verlassen des Breinuckels. Diese Aufenthaltsdauer ist länger als die Zeiten, die sich allein aus dem Aufsummieren ergeben, die die einzelne Sau im Bereich der Erkennungsantenne verbracht hat. Die Sauen treten also manchmal etwas zurück, nehmen Futter vom Boden auf, beobachten das Umfeld oder warten einfach nur. Noch etwas geringer sind die aufsummierten Fresszeiten mit Futteranrecht. Die Sauen haben aber sehr individuelle Gewohnheiten, wie man an den Zahlen nachvollziehen kann. So hält sich Tier 404 etwa 53 Minuten im Bereich der Station auf, hat davon etwa 45 Minuten Futteranrecht und frisst und ist im Mittel etwa weitere 2 Minuten ohne Futteranrecht dort. Im Gegensatz dazu hält sich Sau 334 etwa 1,5 Stunden im Bereich des Breinuckels auf, wird etwa 56 Minuten mit Futteranrecht registriert und 14 Minuten ohne Futteranrecht.

Die reinen Fresszeiten variieren also deutlich zwischen den einzelnen Tieren, wie auch die „Fehlnutzung" des Breinuckels durch Besuche ohne Futteranrecht.

Tab. 2: Anzahl der Besuche am Breinuckel einzelner Sauen an 8 Beobachtungstagen
Number of visits of some sows at the suckling feed dispenser at 8 days of observation

Sau-Nr.	[Anzahl]	Beobachtungstage 1	2	3	4	5	6	7	8
334	Besuchsphasen	8	8	9	9	6	7	9	7
	Einzelbesuche alle	77	86	112	85	86	94	80	93
	Einzelbesuche mit Futteranrecht	55	59	62	66	67	53	50	54
965	Besuchsphasen	3	4	4	4	4	6	4	2
	Einzelbesuche alle	37	51	53	49	59	63	71	46
	Einzelbesuche mit Futteranrecht	27	36	38	34	30	35	27	21
543	Besuchsphasen	6	6	4	6	6	4	7	6
	Einzelbesuche alle	64	81	50	71	82	48	63	55
	Einzelbesuche mit Futteranrecht	53	68	46	54	65	46	54	50
404	Besuchsphasen	6	5	5	5	4	9	6	4
	Einzelbesuche alle	42	26	26	27	28	42	41	32
	Einzelbesuche mit Futteranrecht	37	22	22	25	26	38	40	28

Ebenso deutliche Unterschiede ergeben sich, wenn man die Anzahl der Besuche betrachtet (Tab. 2). Manche Tiere nehmen ihr Futter in weniger als 4 Fressphasen auf, andere machen das in fast 8 Zeiträumen, wie z.B. Sau 334. Sie wird im Mittel 89 mal an der Station registriert, 58 mal mit Futteranrecht und 31 mal ohne Futteranrecht. Sie nimmt ihr Futter also in vielen, kurzen Abschnitten auf, macht Pausen, tritt vom Automaten zurück und sucht heruntergefallenes Futter auf dem Boden. Ein anderes Verhalten zeigt Sau 404. Sie hat 5,5 Fressphasen, besucht den Breinuckel ca. 30 mal mit Futteranrecht und etwa 3 mal ohne Futteranrecht. Sie

frisst also sehr konzentriert, lässt sich kaum stören und tritt auch nicht vom Fressplatz zurück, um Futter vom Boden aufzunehmen.

Die Sauen zeigen also ein sehr individuelles Fressverhalten und nehmen dadurch die Breinuckelstation in sehr unterschiedlichem Ausmaß zum Fressen und für „Kontrollbesuche ohne Futteranrecht" in Anspruch. Stationsbesuche ohne Futteranrecht kommen vor, stellen aber kein Problem dar für die Auslastung der Station.

4 Befragungsergebnisse

Im Rahmen einer Befragung wurden ca. 30 Betriebe in Deutschland, der Schweiz und den Niederlanden aufgesucht und zu ihren Erfahrungen mit dem System Gruppenhaltung mit Breinuckel interviewt.

Einige wenige Tiere haben Probleme, den Umgang mit dem System zu erlernen. Einige „sehen" den Breinuckel nicht, weil sie die Futterstelle auf dem Boden suchen und den Kopf nicht weit genug heben. Andere sind sehr ängstliche Fresser und meiden die Breinuckelstation wohl aus Angst vor Übergriffen durch andere Sauen. Wenn trotz Anlernversuchen diese Probleme sich nach einigen Tagen nicht legen, dann nehmen die Landwirte diese Problemtiere aus der Gruppe. Altsauen haben etwas häufiger Schwierigkeiten, sich mit diesem System anzufreunden als Jungsauen. Die Eingewöhnungsphase fällt Mensch und Tieren leichter, wenn dafür eine separate Anlernbucht zur Verfügung steht. Dort können die Tiere das System kennenlernen, ohne dass Sauen, die das Breinuckelverfahren bereits kennen, Druck ausüben. In dieser Anlernphase wird bei jedem Stationsbesuch Futter zugeteilt.

Im Rahmen jeder Gruppenhaltung kommt es zu Auseinandersetzungen zwischen den Sauen. Nach Beobachtungen der Landwirte dauert es etwa 2,5 Tage, bis sich die Rangfolge in der Gruppe geklärt hat und wieder „normales Verhalten" gezeigt wird. Die Bewertung, was im Bereich des Tierverhaltens „normal" ist, variiert von Landwirt zu Landwirt und hängt auch von seiner Einstellung zum Haltungsverfahren ab. Die Mehrzahl ist der Meinung, dass Rangkämpfe und Verletzungen eher unterdurchschnittlich sind. Hingegen kommt es häufiger zu Verdrängungen direkt an der Breinuckelstation. Einzelne Sauen probieren immer wieder, durch Abdrängen anderer Tiere zu mehr Futter zu kommen. Sie kennen die Breinuckelstation so genau (z.B. typische Geräusche), dass sie auch günstige Zeitpunkte finden, um trotz Verschluss des Futterrohrs an etwas Futter zu gelangen.

Die Futtermenge, die jeder Sau zugeteilt wird, kann durch die Auswahl einer geeigneten Standard-Futterkurve oder durch eigene Veränderungen an der Futterkurve dem Bedarf des Einzeltiers angepasst werden. Die Landwirte kommen mit diesem Verfahren gut zurecht. Der Futterzustand der Sauen ist ausgeglichen. Für die Kontrolle der Sauenherde werden verschiedene Protokolle vom System angeboten. Das Fressprotokoll, aus dem zu ersehen ist, wie viel der ihr zustehenden Ration jede Sau abgeholt hat, wird von allen Landwirten genutzt. Die weiteren Protokolle und Listen des Sauenplaners hingegen werden nur von einzelnen Landwirten als zusätzliche Informationsquelle hinzugenommen.

Die befragten Landwirte sind überwiegend mit der Gruppenhaltung zufrieden, obwohl einige mit Skepsis an das Verfahren herangegangen sind. Das Tierverhalten und das Management der Sauenherde hat sich als unkompliziert herausgestellt. Auch das Fütterungsverfahren „Breinuckel" als eine Variante der Gruppenhaltung wird von den befragten Landwirten positiv eingestuft, auch wenn in einigen Details noch Verbesserungen möglich sind. 77 % der befragten Landwirte würde sich wieder für diese Verfahren entscheiden.

5 Literatur

ELBERT, KRISTINA: Bericht über die Befragung von landwirtschaftlichen Betrieben zum „Breinuckel". Unveröffentlichter Bericht der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, 2000

6 Zusammenfassung

Auf einem landwirtschaftlichen Betrieb sind mehrere Gruppen von Sauen bei der Fütterung am Breinuckel beobachtet worden. Die meisten Sauen haben das Verfahren schnell begriffen und bilden arttypische Verhaltensweisen aus. Es hat sich herausgestellt, dass die Sauen sehr tierindividuell fressen. Die Anzahl der Fressphasen, die Dauer des Aufenthalts an der Breinuckelstation und die Anzahl der Registrierungen mit Futteranrecht und ohne Futteranrecht sind dafür wichtige Kriterien.

Aus den Beobachtungen und der Befragung kann abgeleitet werden, dass das Verfahren mit ca. 20 Sauen je Breinuckel betrieben werden kann und ein geeignetes Verfahren zur rationierten Fütterung bei der Gruppenhaltung von Sauen im Wartestall darstellt.

Husbandry of sows in groups with suckling feed dispensers

CIELEJEWSKI, HORST AND BERNHARD FELLER

Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Schorlemer Str. 26, 48143 Münster, Germany

Several sows, kept in groups and fed with a suckling feed dispenser, have been observed on a farm. Most of the sows have comprehended quickly the procedure and show characteristic behaviour pattern of the species. It has proved, that the sows have very different practice when eating. Important criteria are: the number of eating-phases, the time, spent at the suckling feed dispenser, the number of identifications with feeding and without feeding.

The conclusions of the observation and the questioning of 30 farmers have shown, that a suckling feed dispenser is able to feed approximately 20 sows. It is a suitable system for rationed feeding of sows in waiting stalls.

Untersuchung zur oralen Applikation eines Altrenogests durch den Breinuckel „Fitmix“ im Rahmen der biotechnischen Brunst- und Ovulationssynchronisation von Jungsauen

SCHWARZ, HANS-PETER; MARC SCHLEMMER UND HERMANN SEUFERT

Institut für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Gießen, Braugasse 7, 35390 Gießen

1 Einleitung

Die Applikation des Altrenogests Regumate zur Brunstsynchronisation von Jungsauen wird bisher manuell durchgeführt, wobei in der Regel eine Verabreichung von 4 bis 5 ml Regumate über 15 bis 18 Tage oral über die Zugabe ins Futter erfolgt. Damit sichergestellt werden kann, dass die Aufnahme der beabsichtigten Menge durch jedes Tier tatsächlich erfolgt, werden die Tiere zur Synchronisation in Einzelhaltung im Kastenstand aufgestellt .

Der Breinuckel mit Einzeltiererkennung und integriertem Micro-Dosierer bietet die Möglichkeit, Flüssigkeiten - und somit auch Regumate, das in öliger Suspension vorliegt - oral zu applizieren.

In dieser Arbeit wurde untersucht, ob die Fütterungstechnik Breinuckel mit integriertem Micro-Dosierer die technischen Voraussetzungen zum Einsatz in der Brunstsynchronisation mit Regumate aufweist und ob sich das tagesperiodische Verhalten der am Breinuckel aufge-stellten Jungsauen unter Praxisbedingungen durch ein spezielles Haltungsregime so beeinflus-sen lässt, dass von einer morgendlichen Regumateaufnahme durch alle Tiere ausgegangen werden kann.

2 Material und Methoden

2.1 Stall und Tiere

Es wurden zweimal je 10 Jungsauen 10 Tage vor Applikationsbeginn in einem Praxisbetrieb an einem in die Buchtenwand integrierten Breinuckel auf Teilspalten mit einem Platzangebot von 1,5m^2 je Tier aufgestellt. Im Stall waren zwei Kameras installiert, mit denen das Verhalten der Tiere aufgezeichnet wurde. Davon ausgehend, dass bei einer Fütterung je Tag an der Abrufstation nahezu alle Tiere ihre gesamte Futtermenge für den Tag bei ihrem ersten Besuch abrufen, und die Ergebnisse von HORZ (1999) zum Fressverhalten am Breinuckel berücksichtigend, wurde die Freigabe der Tagesration auf 30 % morgens zum geplanten Zeitpunkt der Regumateapplikation und 70 % mittags aufgeteilt. Darüber hinaus wurde als Zeitgeber für das tagesperiodische Verhalten neben dem Fütterungszeitpunkt das Einschalten des Lichtes und die Durchführung eines Kontrollganges zu Beginn der Morgenfütterung durchgeführt.

2.2 Der Micro-Dosierer

Der Micro-Dosierer (Abb. 1) dient der Beigabe von Flüssigkeiten in das Futter, um so beispielsweise Medikamente oder Vitaminpräparate auch in geringen Mengen exakt dosiert oral zu applizieren. Dazu ist ein Zusatzbehälter mit etwa 500 ml Fassungsvermögen am Breinuckel installiert, aus dem durch eine Pumpe fließfähige Präparate ins Futter gemischt werden. Dazu ist die Pumpe über einen Gummischlauch mit einem wenige Millimeter dicken Metallröhrchen verbunden, dass schräg unten entlang des Nuckelrohres verläuft und erst kurz vor der Öffnung des Rohres in dieses mündet.

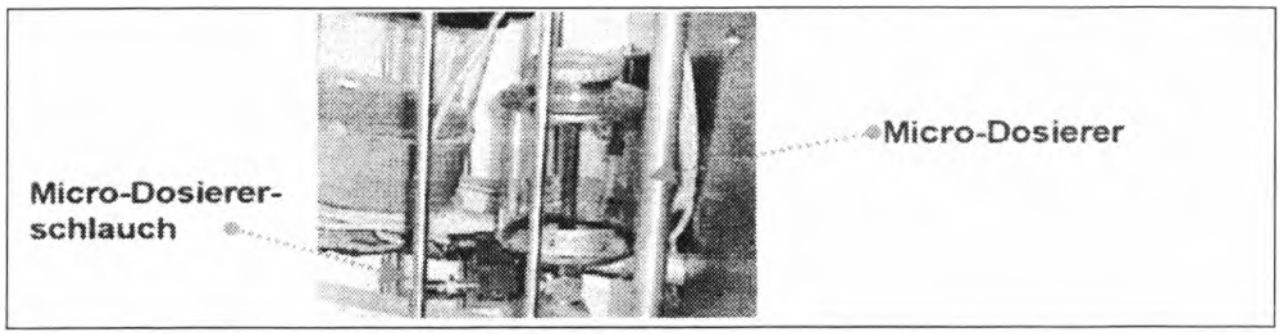


Abb. 1: Micro-Dosierer (Werksfoto Mannebeck 1999)
Micro measuring out (company photo Mannebeck 1999)

Auch der Micro-Dosierer muss kalibriert werden, wozu eine Kalibrierflüssigkeit benutzt werden sollte, die in ihrer Viskosität mit dem Präparat, das verabreicht werden soll, übereinstimmt. So bietet sich bei der Kalibrierung zur Anwendung von Regumate Speiseöl an.

Nach der Kalibrierung kann über das Handterminal bzw. die PC-Bedienung für das entsprechende Präparat über eine Futterkurve der Zeitraum, über den appliziert werden soll, sowie die Applikationsmenge eingegeben werden. Wenn keine anderen Einstellungen vorgenommen wurden, beginnt die Verabreichung der Präparate durch den Micro-Dosierer dann, wenn morgens die Fütterung beginnt und dauert parallel zur Futterförderung an, bis die entsprechende Menge verabreicht ist. Die Futterkurve kann bestimmten Sauen zugeordnet werden, so dass auch die Möglichkeit besteht, gezielt Jungsauen zu synchronisieren. Es wurde die Dosiergenauigkeit der Dosiertechnik bei verschiedenen Umgebungstemperaturen und Unterbrechung der Applikation in bezug auf Volumen und Zeitdauer überprüft.

3 Ergebnisse

3.1 Funktionssicherheit

Bei Überprüfung der Funktionssicherheit der Dosiertechnik konnte eine hohe Genauigkeit für das ausdosierte Volumen und die Zeitdauer der Dosierung festgestellt werden. Außerdem wurde die bisherige Kalibriermethode als unzulänglich erkannt, da im Futterrohr weniger als die eingestellten 4 ml Regumate freigegeben wurden, was dazu führte, dass den Jungsauen 3 ml Regumate verabreicht wurden.

3.2 Tierverhalten

Wie in Abbildung 2 zu erkennen ist, konnte bezüglich des Fressverhaltens eine ausgeprägte Zweigipfligkeit festgestellt werden, wobei in beiden Jungsauengruppen während des morgendlichen Zeitraumes der geplanten Regumateapplikation seitens des Tierverhaltens die Voraussetzungen (Futterbesuche je Stunde, Tierzahl je Stunde, Dauer je Futterbesuch) für eine erfolgreiche Synchronisation gegeben waren, so dass stets alle Tiere spätestens zwei Stunden nach Futterfreigabe ausreichend lange am Breinuckel fressen konnten, um die gesamte Regumatemenge aufzunehmen.

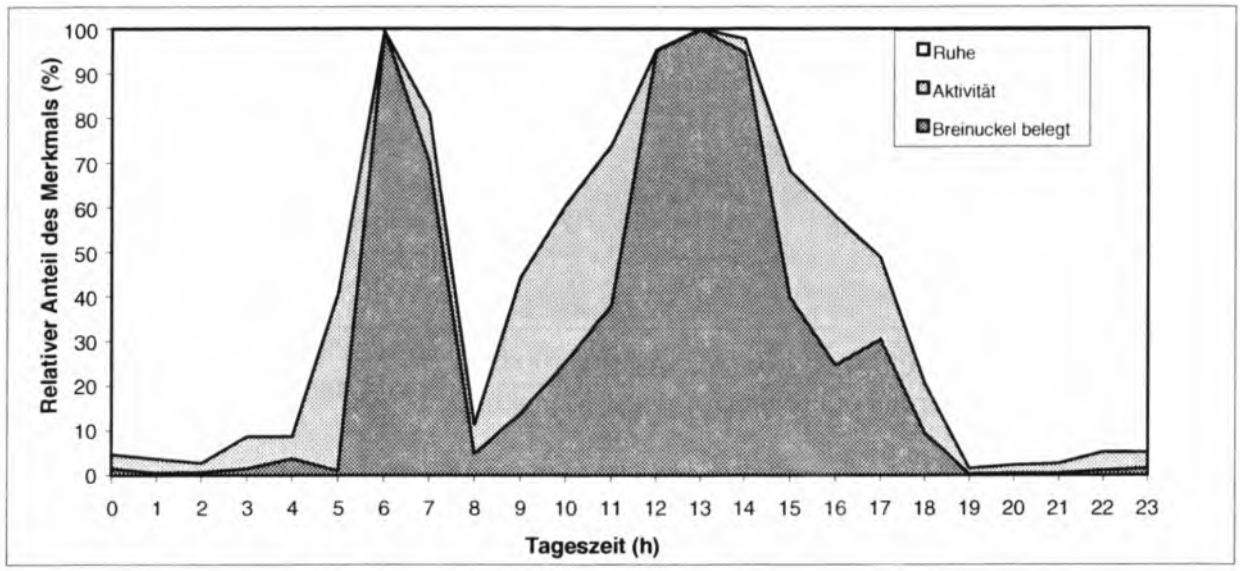


Abb. 2: Tierverhalten im Fressbereich des Breinuckels im Tagesverlauf
Behaviour in front of the Breinuckel during the day

2.3 Reproduktionsleistung

Als Merkmale der Reproduktionsleistung wurden die Trächtigkeitsrate am 25. Trächtigkeitstag, die Abferkelrate und die insgesamt geborenen, die lebend geborenen sowie die abgesetzten Ferkel erfasst.

3 Diskussion

Wie die Ergebnisse der Untersuchung zur Dosiergenauigkeit des Micro-Dosierers zeigen, sind grundsätzliche Voraussetzungen für die Verwendung des Breinuckels mit Microdosierer im Rahmen der Brunstsynchronisation von Jungsauen mit Regumate® gegeben. Zum einen kann über die Computersteuerung die Regumateapplikation zu einer bestimmten Tageszeit über einen festgelegten Zeitraum vorprogrammiert werden, so dass sich die mit der Regumategabe verbundene Arbeit lediglich noch auf das Zuordnen entsprechender Futterkurven beschränkt. Zum anderen sind Software und Pumpe des Micro-Dosierers prinzipiell in der Lage, mit hoher Genauigkeit Regumate® zu fördern. Dabei wurde bei Unterschieden in der Umgebungs-temperaturen von 12 °C gegenüber 19 °C ebenso wie bei Unterbrechung der Applikation kein Unterschied in der ausdosierten Menge festgestellt.

Ausgehend von den in dieser Untersuchung gemachten Beobachtungen kann festgehalten werden, dass durch ein entsprechendes Haltungsregime das Verhalten der Jungsauen am Breinuckel durchaus so beeinflusst werden kann, dass alle Voraussetzungen für die morgendliche Regumateaufnahme und somit für den Synchronisationserfolg gegeben sind.

Die erzielten Fruchtbarkeitsleistungen (Tab. 1) wie auch die Tatsache, dass von den drei nicht tragenden Tieren zwei weitere termingerecht umrauschten und erfolgreich belegt werden konnten bestätigen den Erfolg der Synchronisation.

Tab. 1: Fruchtbarkeitsergebnisse der synchronisierten Jungsauen
Reproduction results of the synchronized gilts

	Anzahl Tiere	davon künstlich besamt	Trächtigkeitsrate (25. Tag) (%)	Abferkelrate (%)	IGF	LGF	AGF
Versuchsgruppe 1	10	10	90,0	80,0	13,4	12,0	10,4
Versuchsgruppe 2	10	9	77,8	77,8	11,4	10,6	9,4
Versuchsgruppe 1 und 2	20	19	83,9	78,9	12,4	11,3	9,9

IGF = insgesamt geborene Ferkel
LGF = lebend geborene Ferkel
AGF = abgesetzte Ferkel

Dabei sind jedoch einige Rahmenbedingungen bei der Beurteilung dieses Ergebnisses zu beachten. Zum einen ist dies die verringerte Applikationsmenge von 3 ml Regumate® bzw. 12 mg Altrenogest. Ausgehend von dieser Menge muss die Funktionssicherheit der Dosiertechnik gegeben sein, da es bei größeren Schwankungen in der ausdosierten Menge wohl unweigerlich zu vermehrter Zystenbildung gekommen wäre, da nach REDMER UND DAY (1981) bei niedrigen Dosen Altrenogest Ovarialzysten und Anöstrie auftreten, was erst ab einer Menge von 10 mg nicht mehr der Fall war.

Da von HÜHN (1999) und MARTINAT-BOTTÉ ET AL. (1990) 4 ml Regumate als optimale tägliche Dosis angegeben werden, erstaunt das gute Ergebnis bei 3 ml Regumate natürlich und es wäre sicher interessant zu untersuchen, ob dieses Ergebnis bei größerem Stichprobenumfang bestätigt werden kann, d.h. ob es durch eine überlegene Dosiertechnik oder Zufall verursacht wurde.

Der Breinuckel stellt somit eine vielversprechende Alternative zur bisher bevorzugt praktizierten Synchronisation von Jungsauen durch manuelle Applikation im Einzelstand dar. Dabei bietet der Breinuckel natürlich arbeitswirtschaftlich deutliche Vorteile gegenüber der manuellen Applikation, da sich die Arbeit in bezug auf die Synchronisation am Breinuckel auf das einmalige Zuordnen einer Futterkurve beschränkt.

Möglichkeiten zu weiteren Untersuchungen ist die Klärung der Frage, ob auf Grund besserer Applikationstechnik eine geringere tägliche Regumatedosis zu bevorzugen ist, was sich in den Ergebnissen dieser Arbeit andeutet. Ebenso gilt es, Untersuchungen zur optimalen Gruppengröße durchzuführen. Darüber hinaus bietet sich mit dem Breinuckel prinzipiell die Möglichkeit, gezielt Tiere aus einer Gruppe mit Regumate® zu behandeln. Dieses Verfahren ist für viele Betriebe, die Jungsauen mehrerer Altersstufen aus Hygiene- und Kostengründen gleichzeitig beziehen und in die jeweilige Sauengruppe eingliedern wollen, durchaus interessant und sollte auf seine Durchführbarkeit untersucht werden. Die deutliche Reaktion der Jungsauengruppen auf die Zeitgeber Licht, Fütterungsbeginn und Kontrollgang wirft außerdem die Frage auf, ob es vielleicht sinnvoll wäre, den Beginn der Morgenfütterung durch das Aufleuchten einer zusätzlich am Breinuckel installierte Lampe oder einem Signalton zu ergänzen, um so eine Prägung der Tiere zu verursachen, ohne dass zeitgebundene Kontrollgänge durchgeführt werden müssen.

Schließlich bleibt sowohl im Kastenstand als auch am Breinuckel immer die Möglichkeit bestehen, dass eine Jungsau morgens eine Mahlzeit auslässt, was in dieser Untersuchung jedoch nie geschehen ist. Damit dieses Risiko jedoch weitgehend ausgeschaltet wird, könnte zum Beispiel eine zusätzliche Warnfunktion einprogrammiert werden, die in einem bestimmten zeitlich vorgegebenen Abstand zum Beginn der Morgenfütterung warnt, wenn der Breinuckel noch nicht von allen Tieren besucht worden ist.

4 Literatur

HORZ, A. (1999): Ermittlung der idealen Tierzahl an der Fütterungstechnik Brei-Nuckel zur Versorgung von Mastschweinen. Abschlussbericht aus dem Institut für landwirtschaftliche Bauforschung FAL

HÜHN, U.; B. KÄMMERER UND D. MÜLLER (1999): Neue Erfahrungen zur Verbesserung der Synchronisationsergebnisse bei Jungsauen. Mitteilung des Thüringer Schweinezucht- und Produktionsverbandes e.V.

MARTINAT-BOTTE, F.; F. BARITEAU, Y. FORGERIT, C. MACAR, A. MOREAU, J.P. SIGNORET UND M. TERIQUI (1990): Control of oestrus in gilts. II. Synchronization of oestrus with a progestagen, altrenogest (regumate): Effect on fertility and litter size. Anim. Reprod. Sci. 22, S. 227-233

REDMER, D.A. UND B.N. DAY (1981): Ovarian activity and hormonal patterns in gilts fed allyltrenbolone. J. Anim. Sci. 53, S. 1088-1094

The Aplication of an Altrenogest during Oestrus Synchronization by using the Breinuckel "Fitmix"

SCHWARZ, HANS-PETER; MARC SCHLEMMER AND HERMANN SEUFERT

Institut für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Gießen, Braugasse 7, 35390 Gießen, Germany

Until today Regumate® was predominantly applied mannually to the food. We investigated the possibility of the feeding-technique Breinuckel with the integrated Micro-Dosage-System to be used in oestrus synchronisation.

Further more the question if the dayperiod-behaviour of the gilts could be influenced in away that morning-uptake of Regumate® could be assumed was thoroughly investigated. The functional safety of the dosage-technique was examined. Animal behaviour was monitored by video and finally traits of the reproduction power were measured.

Two groups of gilts, each containing 10 animals were brought up for oestrus synchronisation at the Breinuckel. Morning release of 30 % of the daily food were accompanied by a control walk and by switching the lights on. The remaining 70 % of the food were released at noon.

We are able to detect that animal behaviour as well as the dosage system are very well suitable for a sucessful oestrus synchronisation. The achieved reproduction rates underline these results.

WEDA ECOBEST
System zur Bearbeitung und Beseitigung von Gülle

FAHLBUSCH, KLAUS

WEDA Dammann & Westerkamp GmbH, Am Bahnhof, 49424 Lutten, Krs. Vechta

1 Einleitung und Zielsetzung

Das ECOBEST Farm-System ist ein ganzheitliches Verfahren zur Behandlung und Beseitigung von Gülle am Ort des Entstehens (im Stall). Es nutzt dazu durchweg bekannte und erprobte Verfahren. Seine erstaunliche Wirksamkeit erreicht das System durch die neuartige und effiziente Bündelung dieser Verfahren.

Ziele des Systems sind

- die Absenkung der Ammoniak-Emission um 70 - 90 %,
- die Reduktion des in den Exkrementen enthaltenen Ammoniak-Stickstoffs zu N_2,
- die Beseitigung der Gülle-Dünnfraktion durch Verdunstung (bis zu 100 %),
- die Bindung des Phosphors und des organischen Stickstoffs an geruchlose Feststoff-Pellets,
- ein minimaler Energieverbrauch durch Ausnutzung des natürlichen Energiepotentials des Stalles bzw. durch Wärmerückgewinnung,
- der Effekt einer echten Stallklimaanlage,
- ein minimaler personeller Betreuungsaufwand,
- ein Amortisations-Zeitraum (unter holländischen Bedingungen) von 5 bis 3 Jahren.

2 Beschreibung des Prozessablaufes

Die Gülle

wird zunächst mit einfachsten Mitteln in eine Dick- und eine Dünnfraktion getrennt. Das Verfahren ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Gülle-Dünnfraktion

enthält den größten Stickstoffanteil, der in Form von Ammoniak für die Geruchsbelästigung verantwortlich ist. Die Dünnfraktion durchläuft zum Teil eine Nitrifizierungs- und eine Denitrifizierungsstrecke, ähnlich denen aus dem Bereich biologischer Kläranlagen. Dadurch wird der durch Kot und Harn in das System eingetragene Stickstoff zu der umweltunschädlichen Form „N_2“ reduziert, wie er in der Atmosphäre enthalten ist. An diese wird er dann auch wieder abgegeben.

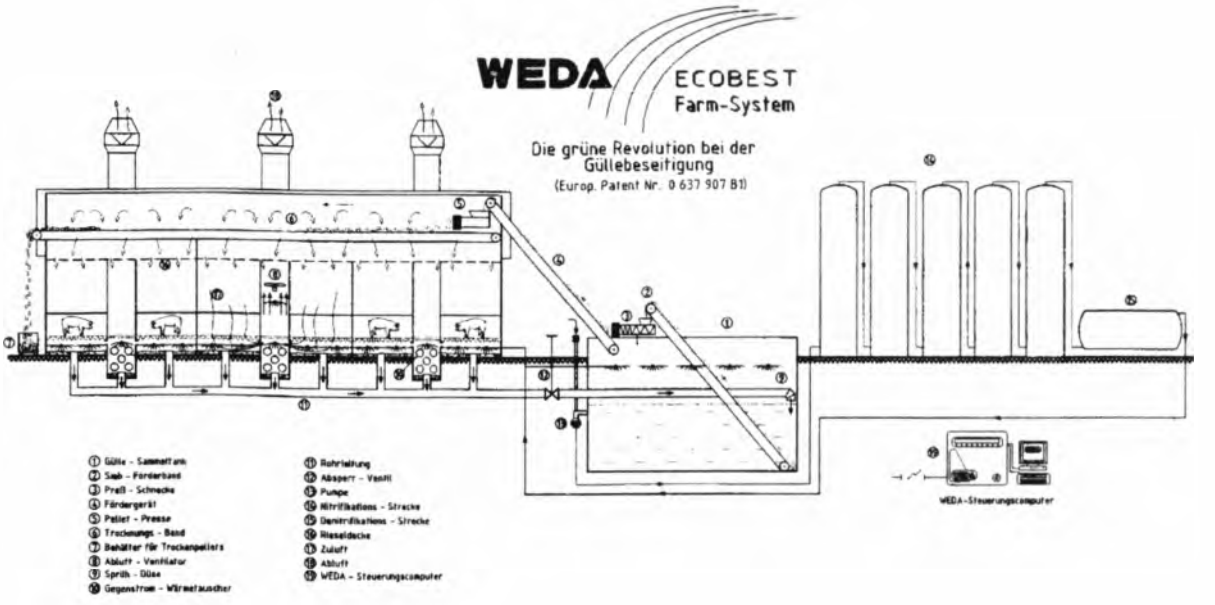


Abb. 1:ECOBEST Farm-System

Die Restflüssigkeit ist wegen des geringen Stickstoffgehaltes und der größtenteils abgebauten Kohlenwasserstoffverbindungen praktisch geruchlos. Die Restflüssigkeit wird über ein weit verzweigtes Düsensystem unterhalb der Spaltenböden versprüht, wodurch sie teilweise verdunstet. Aufgrund des bei der Nitrifikation abgesenkten pH-Wertes und des geringen Ammonium-Stickstoffgehaltes kann praktisch kein Ammoniak aus der Spülflüssigkeit in die Umwelt emittieren. Durch diesen Vorgang werden die neu anfallenden Exkremente nicht nur erheblich verdünnt, sondern auch permanent aus dem Stall herausgespült. Es bleibt praktisch keine Zeit zur Ammoniakbildung im Stall. Zugleich wirkt die Versprühung auch gegen aufsteigende Geruchspartikel (Wascheffekt).

Ein weiterer Teil der Restflüssigkeit wird in einem Wärmetauscher-System versprüht. Hier verbessert sie nicht nur den Wärmeübergang, sondern bewirkt im Sommer eine Temperatur-Absenkung und im Winter eine Temperatur-Anhebung der in den Stall eintretenden Luft.

Die Gülle-Dickfraktion

durchläuft nach der Separierung durch ein Siebband noch eine einfache Pressschnecke, wobei ihr weitere Feuchtigkeit entzogen wird. Danach wird die Dickfraktion im Dachraum des Stalles mit Hilfe einer sehr einfachen Apparatur zu Pellet-ähnlichen Dickstoffpartikeln geformt und auf ein extrem langsam laufendes Trocknungs-Förderband aufgegeben. Durch Zufuhr von Luft wird eine weitere Abtrocknung der Dickstoff-Pellets bewirkt.

Das verfahrenstechnische Prinzip kann anhand von Abbildung 2 nachvollzogen werden.

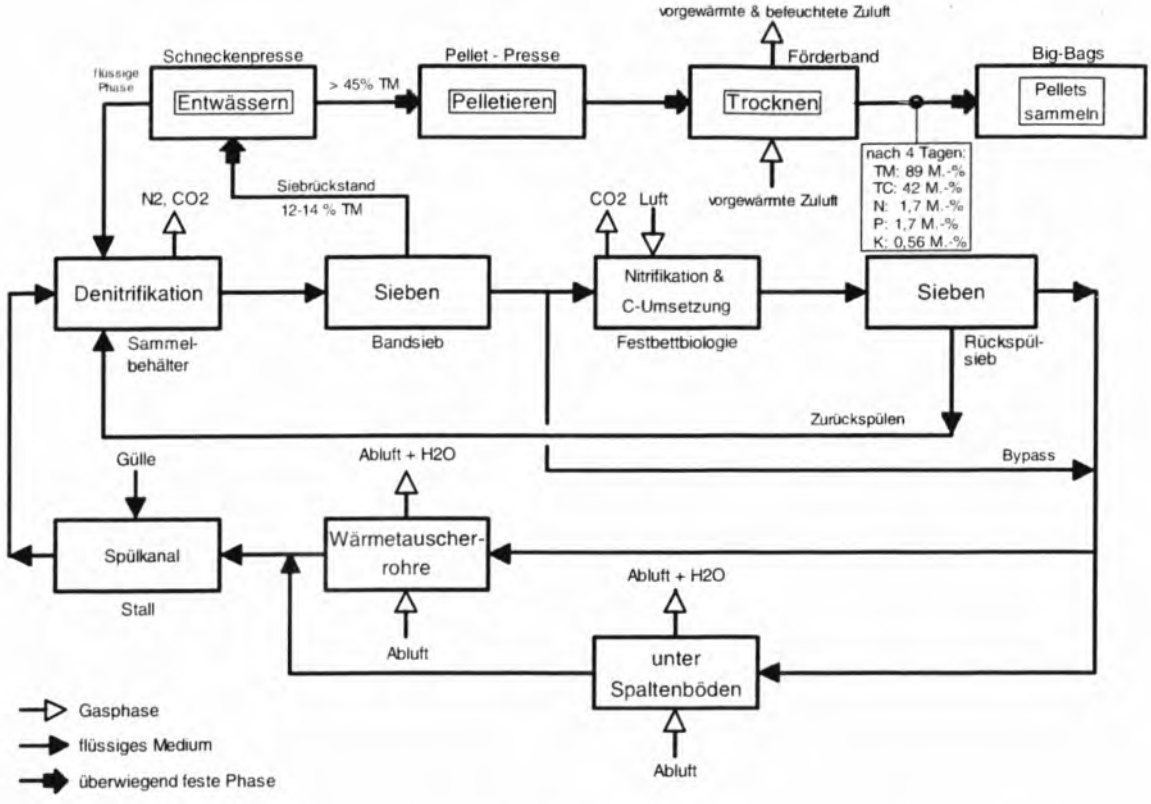


Abb. 2: Verfahrenstechnisches Fließbild der Gülleaufbereitung und Beseitigung

3 Ergebnisse

3.1 Reduzierung der Ammoniakemissionen

Es wurde zweimal über eine Zeitraum von jeweils zwei Wochen mit einem Ammoniakmessgerät gemessen (Beginn und Ende Abferkelperiode). Dabei wurde eine Reduzierung der Ammoniakemissionen im Vergleich mit einem baugleichen Referenzabteil von mehr als 90 % festgestellt.

3.2 Verdunstung der Güllefeuchte

Berechnungen vom IKC-Landbau (1994) und CIOM (1994) zeigten, das es möglich ist, die gesamte Güllefeuchte mittels der durch Tiere, Motoren und biologische Prozesse produzierten Wärme zu verdunsten. Damit verbleibt keine Flüssigkeit, die gespeichert oder abtransportiert werden muss.

3.3 Stallklima

Untersuchungen zum Effekt der Stallklimatisierung im ersten Teil des neu gebauten Stalles (mit Abferkelbuchten), in der zweiten Hälfte 1996, haben folgende Resultate erbracht:

Außentemperatur	Zulufttemperatur (nach Wärmetauscher)
+ 37 °C (Juli)	+ 22 °C
+ 7 °C (Oktober)	+ 16 °C
-10 °C (Dezember)	+ 10 °C

Die Abteiltemperatur bleibt konstant zwischen 20 und 26 °C. Während der ersten 5 Tage nach der Geburt der Ferkel war in den Abteilen lediglich eine elektrische Rotlicht-Lampe pro Abferkelbucht eingeschaltet. Das bedeutet eine Ersparnis an Heizkosten (durch einen Minderverbrauch von ca. 80 m^3 Gas pro Sau und Jahr) von etwa 16,-- Euro. Zudem wird die Umwelt durch einen geringeren CO_2 Ausstoss entlastet.

3.4 Feststoffpellets

Die Gewichtsreduzierung der Pellets gegenüber der Gülle beträgt 90 bis 95 %. Bei einer Trocknungszeit von 4 Tagen kann man noch nicht von einem kompostierten Material ausgehen. Es ist zu vermuten, dass die Düngewirkung bei einem N-Anteil von ca. 17 kg/t (überwiegend organisch gebundener Stickstoff) eher gering ist. Der Phosphat-Anteil von ca. 17 kg/t ist vermutlich langfristig voll pflanzenverfügbar. Bei einem Gesamtkohlenstoffgehalt (TC) von etwa 42 % hat der Trockendünger besonders auf Sandböden eine bodenverbessernde Wirkung. Die Wasserhaltefähigkeit wird verbessert, die Anfälligkeit gegenüber Winderosion nimmt ab und die Sorbtionsfähigkeit für Nährstoffe wird gesteigert.

4 Kosten/Nutzen-Kalkulation

In den untenstehenden Berechnungen (Tab. 1) wurde von holländischen Verhältnissen ausgegangen. Es wurde ein Stallkonzept zu Grunde gelegt, welches alle heute gestellten Forderungen der Gesetzgebung auf dem Gebiet der Umwelt und der artgerechten Haltung der Tiere erfüllen kann.

Tab. 1: Investitions- und Jahreskosten

Betriebsgröße	Netto extra (Euro) Investition/Platz	Amortisationszeit	Kosten/m^3 (Euro) Gülleentsorgung
Sauen (mit Ferkelaufzucht):			
275 Plätze	227,--	6,0 Jahre	9,10
550 Plätze	136,--	3,0 Jahre	5,44
825 Plätze	91,--	2,0 Jahre	3,63
Mastschweine:			
2.000 Plätze	34,--	4,0 Jahre	6,35
3.000 Plätze	28,--	2,5 Jahre	4,54
4.000 Plätze	25,--	2,1 Jahre	3,63

5 Diskussion

In allen Regionen mit intensiver Schweine-(Vieh-)Haltung stellt sich inzwischen das Gülleproblem mit derartiger Dringlichkeit, dass dafür eine Lösung gefunden werden muss.

Schwierigkeiten bei einer Lösung resultieren zusätzlich daraus, dass das Problem sich an verschiedenen Orten (Stall, Acker) und zu verschiedenen Zeiten (Stall permanent/ Acker zu den Ausbringungszeiten) ergibt.

Hauptprobleme:

a) Schadgas – (im wesentlichen Ammoniak-) Emissionen des Stalles und bei der Gülleausbringung.

b) Nitrat- und Phosphorbelastung der Böden.

c) Große Lagerkapazitäten für Gülle, da diese nur in einem engen Zeitkorridor ausgebracht werden kann.

5.1 Umweltentlastende Effekte und Wirtschaftlichkeit des Verfahrens

- Der in der Spülflüssigkeit enthaltene Ammonium-Stickstoff wird in hohem Maße zu Luftstickstoff (N_2) reduziert und in dieser Form wieder an die Atmosphäre abgegeben.
- Die Ammoniakemission kann bis zu 70-90 % reduziert werden.
- Fast komplette Beseitigung der behandelten Dünngülle durch Verdunsten.
- Bindung aller Feststoffe an nahezu geruchlose Feststoff-Pellets, die unbegrenzt lagerfähig sind und beispielsweise als Trocken-Dünger verwendet werden können (z.B im Weinanbau). Aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes können die Pellets auch zur thermischen Energiegewinnung genutzt werden.
- Effekt einer Stallklimaanlage mit günstigeren Umgebungsbedingungen für Tiere und Betreuer.
- Als weiterer, positiver Aspekt ist zu nennen, dass durch die Integration eines Wärmetauschers der ansonsten nicht unerhebliche Energieverbrauch deutlich gesenkt werden kann (Nutzung der Wärmeabgabe der Tiere). Neben der Kosteneinsparung führt dieses natürlich auch zu einer Verringerung der Umweltbelastung.

5.2 Erfolgsaussichten

Da das Gesamtsystem aus einer Reihe von in ähnlicher Form bereits existierender Einzellösungen zusammengesetzt ist, wie z.B. Verpumpen von Dünngülle, Sprühen, Nitrifikation und Denitrifikation, Trocknung auf Förderbändern, besteht eine große Aussicht auf Erfolg. Kritisch betrachtet werden muss jedoch der Verbrauch elektrischer Energie, insbesondere für die Pumpen und den Sauerstoffeintrag bei der Güllebelüftung. Dies könnte z. B. durch Biogasnutzung oder durch Wärmegewinnung aus der Verbrennung der Dickstoff-Pellets kompensiert werden.

6 Zusammenfassung

Das WEDA-ECOBEST Farm-System ist ein ganzheitliches Konzept der Güliebehandlung und Güllebeseitigung, das weitgehend auf bekannte und erprobte Verfahren zurückgreift. Seine hohe Wirksamkeit erzielt das System durch die neuartige Bündelung dieser Verfahren.

Vorrangiges Ziel ist nicht die Verwertung der Gülle als Wirtschaftsdünger, sondern die Beseitigung der Gülle unter ökologisch vertretbaren Bedingungen. Folgende Leistungen werden erreicht:

- Der in den Exkrementen enthaltene Stickstoff wird zu ca. 75 % zu Luftstickstoff (N_2) reduziert und in dieser Form wieder an die Atmosphäre abgegeben.
- Die Spülflüssigkeit, die aus der Gülledünnfraktion gewonnen wird, ist praktisch geruchlos.
- Die Ammoniakemission über die Abluft-Kamine wird bis zu 90 % reduziert.
- Bis zu 100 % Beseitigung der behandelten Restflüssigkeit durch Verdunsten.
- Minimaler zusätzlicher Energieaufwand, durch Ausnutzung des natürlichen Energiepotentials des Stalles bzw. durch Wärmerückgewinnung.
- Bindung des Phosphors und des organischen Stickstoffes an geruchlose Feststoff-Pellets, die unbegrenzt lagerfähig sind und beispielsweise als Trocken-Dünger verwendet werden können.
- Effekt einer Stallklimaanlage mit günstigeren Umgebungsbedingungen für Tiere und Betreuer.
- Unter holländischen Bedingungen ist mit einem Amortisierungszeitraum der Zusatzinvestition für das WEDA ECOBEST Farm-System von 3 bis 5 Jahren zu rechnen.

Wir gehen davon aus, dass dieses System z. Zt. bei Farmgrößen ab ca. 300 Sauen oder 2 500 Mastplätzen zum Einsatz kommen wird. Es steht zu erwarten, dass nach einiger Zeit vereinfachte Versionen auch für kleinere Einheiten und für Altanlagen Verwendung finden werden.

Türlose Abrufstation System „Belados“

VIEREGGE, CLAUS-JÜRGEN

Duräumat-Stalleinrichtungen GmbH & Co KG, Hamburger Chaussee 9, D-23858 Reinfeld

1 Einleitung

Zur Zeit wird die Gruppenhaltung von Sauen im Wartestall stark diskutiert. Die Regelungen zur Haltung von Sauen in den verschiedenen europäischen Ländern und die neuesten Entwürfe zur deutschen Schweinehaltungsverordnung fordern nicht nur die Gruppenhaltung im Wartestall sondern geben auch der Großgruppe den eindeutigen Vorrang.

2 Problematik

Seit etwa 1985 werden die Abruffütterungen in der Sauenhaltung eingesetzt. Den Höhepunkt erreichte dieses Fütterungssystem Anfang der 90-iger Jahre. Aus dieser Zeit stammen viele Aufsätze zu diesem Thema und es wurden in dieser Zeit mehrere wissenschaftliche Untersuchungen angestellt sowie DLG-Prüfungen durchgeführt.

Neben allen Punkten, die für eine Abruffütterung sprechen, haben sich doch in den Untersuchungen bzw. in den mehrjährigen Praxiseinsätzen einige negative Punkte gezeigt. Durch entsprechende Anpassungen im Programmablauf, technische Veränderungen an den Futterstationen und eine optimale Raumgestaltung konnten letztendlich doch nicht alle Probleme der Sauen-Abruffütterung abgestellt werden.

Die Probleme der Sauen-Abruffütterung liegen in der Zwangsbox. Durch das Aktivitäts- und Aggressionsverhalten der Sauen insbesondere beim Programmstart kommt es immer wieder zu

Mehrfachbelegungen der Stationen. Trogabsperrklappen und Vorerkennungen haben die störenden Fehlbesuche der Stationen allerdings erheblich eingeschränkt. Die als positiv ange-sehene Selektionseinrichtung hat in vielen Fällen zu großen Störungen und auch zu Tierverlusten geführt.

Insgesamt werden in den DLG-Prüfberichten die Sauen-Abruffütterungen in der Betriebssicherheit nur mit „befriedigend“ bewertet. Durch das aggressive Verhalten der Sauen sind die Abrufstationen erheblichen mechanischen Belastungen ausgesetzt, die Haltbarkeit ist daher begrenzt.

3 Zur Entwicklung des Belados-Systems

Dieses Fütterungssystem ist aus zwei Fragestellungen heraus entstanden:

1. Wie kann in einer Abruffütterung das Futter flüssig verabreicht werden?
2. Welche Alternativen gibt es, um die bei den Abruffütterungen genannten Probleme abstellen zu können?

Zu 1: Es zeigte sich sehr schnell, dass mit der Verwendung von herkömmlichen Flüssigfütterungsanlagen (mit Anmischbehälter und Ringleitung) keine Versorgung der Abrufstationen möglich ist, denn über den gesamten Füttungszyklus von 24 Stunden muss frisches Futter ständig in kleinen Portionen zur Verfügung stehen. Hinzu kommt die Problematik der Dosiergenauigkeit von Kleinstmengen in der Ringleitung. Die Probleme wurden mit einer Membranpumpe gelöst, die über Stichleitungen das Flüssigfutter zu den einzelnen Abrufstationen fördert.

Zu 2: Mit dem Einsatz von Flüssigfutter zeigte sich, dass die Sauen ein völlig anders Verhalten hatten. Die Herde wirkte wesentlich ruhiger, Aggressionen traten so gut wie nicht mehr auf. Das hat auch den Anlass gegeben, auf die bisherige Zwangsbucht der Abruffütterung ganz zu verzichten. Das Ergebnis der weiteren Entwicklungen ist die heutige türlose Futterstation System „Belados".

4 Technik

Die Duräumat-Belados-Abruffütterung (Abb. 1) ist die geradlinige Weiterentwicklung der bisher bekannten Abruffütterungen. Grundsätzlich wird bei diesem System allerdings das Futter flüssig verabreicht. Ist auf dem Betrieb eine Flüssigfütterungsanlage vorhanden, kann das Futter aus einem zwischengeschalteten Satelitenbehälter entnommen werden. Es hat sich aber als vorteilhaft erwiesen, das Futter in einem kleinen Chargenmischer vorzubereiten. Dieser Mischer ist mit einem frequenzgesteuerten Rührwerk ausgestattet und kann das Futter bei gleicher Homogenität über den gesamten Fütterungszeitraum bereitstellen. Die exakte Dosierung des Futters erfolgt über eine Membranpumpe. Eine Membranpumpe kann bis zu 3 Abrufstationen versorgen. Von der Membranpumpe führt jeweils eine Stichleitung in DN 40 zur Futterstation. Die türlose Abrufstation besteht aus einem tierangepassten Edelstahlgehäuse mit seitlich angebrachter Antenne zur Tieridentifizierung. In dem seitlichen Gehäuse ist die Elektronik sowie die pneumatische Betätigung der Trogabsperrklappe untergebracht. Bei dieser Abruf- station wird auf jede Art von Ein- und Ausgangstüren verzichtet. Zur Kenntlichmachung von Sauen, die selektiert oder behandelt werden sollen, ist die Station mit einer Farbmarkierungseinrichtung ausrüstbar.

5 Funktion

Nähert sich eine Sau dem Trog, so wird sie zunächst identifiziert und ihr Futterguthaben überprüft. Besteht ein Futterguthaben, so wird durch die Dosier- und Förderpumpe eine Dosis von 330 cm^3 in den Trog gefördert. Nach der dem jeweiligen Tier angepassten Intervallzeit erfolgt die nächste Dosis. Die im Rechner vorgegebene Futtermenge kann in einem oder mehreren Besuchen abgerufen werden. Hat eine Sau die vorgegebene Tagesration abgerufen, schließt die Trogabsperrklappe, bzw. bleibt der Trog für dieses Tier für den Rest des Tages versperrt.

Abb. 1: Belados-Fütterungssystem für Sauen im Wartestall
Belados-feeding system for sows in the waiting area

Wenn eine fressende Sau von einer anderen vom Trog verdrängt wird, ertönt kurzzeitig ein akustisches Signal und die Trogklappe schließt augenblicklich. Dabei spielt es keine Rolle, ob die abdrängende Sau noch einen Futteranspruch hat oder nicht. Besteht für die abdrängende Sau noch ein Futteranspruch, wird erst nach einer Zeitverzögerung der Trog wieder freigegeben. Da die vorherige Sau abgedrängt wurde, ist es daher möglich, dass die folgende Sau noch weiteres ihr nicht zustehendes Futter erhält. Doch die Praxis hat gezeigt, dass diese Mengen vernachlässigbar gering sind. Die ersten Stationen wurden noch mit einem Sensor versehen, der erst bei leerem Trog die nächste Portion freigab. Dieser Sensor hat sich aber als nicht notwendig erwiesen. Wenn die Trogklappe nicht durch eine unberechtigte Sau geschlossen wird, sieht die Steuerung immer eine offene Trogklappe vor.

6 Ergebnisse

Durch das hohe Volumen des Flüssigfutters wird trotz gebremster Energiezufuhr ein echtes Sättigungsgefühl erreicht. Verabreicht wird ein Futterbrei mit 18 - 25 % Trockensubstanz. Es wird dadurch den Sauen die Aggressivität genommen, ein Abbeißen vom Trog kommt so gut wie nicht mehr vor. Die türlosen Abrufstationen sorgen für eine noch größere Ruhe unter den Sauen, da es keine Rangkämpfe ums Hineinkommen in die Station gibt. Da die Sauen sehr schnell den Ablauf erkennen, gibt es weder Anstehschlangen noch Beißereien. Während bei der herkömmlichen Abruffütterung ca. 80 % der Sauen die gesamte Tagesfutterration bei einem Besuch aufnehmen, wird die Belados-Station von den Sauen 6 - 12 mal täglich aufgesucht. Das entspricht auch mehr dem natürlichen Fressverhalten eines Schweines.

Bei herkömmlichen Abruffütterungen ist insbesondere beim Programmstart eine große Hektik mit Rangkämpfen an den Stationen zu beobachten. Haben alle Sauen das Futter abgerufen, herrscht fast völlige Ruhe im Stall. Anders sieht es bei den türlosen Abrufstationen aus. Während der gesamten Fressperiode gibt es keine Drängeleien und Rangkämpfe an der Station. Bis auf absolute Ruhezeiten, die dem natürlichen Fressverhalten entsprechen, suchen immer wieder vereinzelt Sauen die Station auf, um das Futter in kleineren Portionen abzurufen.

Eine türlose Abrufstation reicht für 50 Sauen. Eine Anlernstation oder ein Anlernen der Sauen ist bei diesem System nicht erforderlich.

7 Räumliche Gestaltung

Die Raumaufteilung entspricht der einer herkömmlichen Abruffütterung, wobei die Forderungen der Schweinehaltungsverordnung in Bezug auf Flächenbedarf und Schlitzbodenanteil zu beachten sind. Wenn die Liegekessel auch etwas die Übersicht nehmen, ist es doch sehr vorteilhaft, bei nicht voll belegtem Stall einen Teil der festen Liegefläche absperren zu können. Gegenüber eingestreuten und strohlosen Ställen wurden im Tierverhalten keine Unterschiede festgestellt. Die türlose Abrufstation nimmt kaum mehr Platz in Anspruch als ein Tränkebecken. Entsprechend verringert sich der Flächenbedarf bzw. der umbaute Raum. Die Gruppengröße richtet sich nach dem Haltungsverfahren, allerdings soll bei variablen Gruppen die Anzahl der Sauen >25 sein. Großgruppen mit mehreren Stationen sind günstiger zu bewerten als kleinere Gruppen mit nur einer Station. Grundsätzlich soll die Station auf dem perforierten

Boden angeordnet werden. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Stationen mindestens 3 Meter voneinander entfernt stehen und auch mindestens 3 Meter hinter der Station Schlitzboden verlegt ist. Um das Selektieren von Sauen zu erleichtern, ist es vorteilhaft, wenn die Gruppenbucht zwei Ausgangstüren zu einem Zentralgang aufweist. Insbesondere in größeren Beständen ist es vorteilhaft, für die Jungsauenaufzucht eine separate Station vorzusehen. Wie auch von den herkömmlichen Abruffütterungen bekannt, kommen die Jungsauen am vorteilhaftesten nach dem ersten Abferkeln erstmalig gemeinsam mit Altsauen in die Großgruppe.

8 Perspektiven

Dieses System ist seit der Markteinführung Mitte 2000 in der Praxis, Beratung und Forschung auf großes Interesse gestoßen. Neben dem Einsatz im Wartestall werden auch Systeme in der Jungsauenaufzucht eingesetzt, da eine gezielte Einzeltierfütterung möglich ist. Die ersten Einsätze sehen sehr vielversprechend aus.

Die ersten Systeme wurden mit den bekannten Prozessrechnern der Sauenabruffütterungen ausgestattet, die den besonderen Anforderungen der türlosen Abrufstation angepasst wurden. Da diese Prozessrechner nur die Steuerung der Abruffütterung zulassen, sind wir sehr schnell andere Wege gegangen. Die heutigen Sauenbestandsgrößen fordern Rechnersysteme, die die Fütterung der Sauen im Deckzentrum rationiert am Längstrog, im Wartestall an der türlosen Abruffütterung und im Abferkelbereich sensorgesteuert zulassen.

9 Zusammenfassung

Die türlose Abrufstation System „Belados" ist die geradlinige Weiterentwicklung der bisher bekannten Abruffütterungen für Sauen. Die Abrufstation besteht lediglich aus einem tierangepassten Futtertrog mit angeschlossener Antenne. Der Trog ist über eine Absperrklappe verschließbar. Das Futter wird bei diesem System flüssig verabreicht. Die Dosierung geschieht über eine Membranpumpe, die das Futter über eine Stichleitung in Portionen von 330 cm^3 zum Trog fördert. Durch das hohe Volumen des Flüssigfutters wird trotz gebremster Energiezufuhr ein echtes Sättigungsgefühl erreicht. Es wird dadurch den Sauen die Aggressivität genommen, ein Verdrängen vom Trog kommt so gut wie nicht mehr vor. Die türlosen Abrufstationen sorgen für eine noch größere Ruhe unter den Sauen in der Großgruppe.

Doorless demand station system "Belados"

VIEREGGE, CLAUS-JÜRGEN

Duräumat-Stalleinrichtungen GmbH & Co. KG, Hamburger Chaussee 9, D-23858 Reinfeld

The doorless demand station system "Belados" is the continued further development of the previously known on-demand feeding for sows. The demand station consists simply of just one animal adapted trough with an aerial attached. The trough can be closed by means of a closure flap. The feed is supplied as a liquid in this system. Metering takes place via a diaphragm pump, which delivers the feed via a branch line in portions of 330 cm^3 to the trough. Due to the high volume of liquid feed, and despite a restricted energy supply, a real feeling of satisfaction is gained. This eliminates the aggressive behaviour amongst the sows, so that instances of being pushed away from the trough cease to occur. The doorless demand stations ensure a greater level of calm amongst the sows in the large group.

Neue Haltungssysteme für Legehennen - Aktueller Stand der Nutzung ausgestalteter Käfige für Legehennen

BRADE, WILFRIED

Landwirtschaftskammer Hannover, Referat Tierzucht und Tierhaltung, Johannssenstr. 10, 30159 Hannover

1 Einleitung

Die Kritik an der konventionellen Käfighaltung konzentriert sich besonders auf die fehlenden Möglichkeiten der Hennen, verschiedene Verhaltensweisen auszuüben. Eine weitere Verbesserung des Wohlbefindens der Legehennen wird deshalb über eine Ausgestaltung der Käfige bei gleichzeitiger Vergrößerung des Platzangebotes je Henne angestrebt.

2 Legehennenhaltungssysteme

2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Mit dem Urteil des Bundesverfassungsgerichtes (BVerG) vom 6. Juli 1999 wird die Hennenhaltungsverordnung (HhVO) vom 10. Dezember 1987 für nichtig erklärt.

Fast zeitgleich mit dem BVerG-Urteil wurde die neue EU-Richtlinie 1999/74/EG zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen verabschiedet (19. Juli 1999, Tab. 1). Diese neue Richtlinie sieht vor, dass EU-weit für neue Käfiganlagen ab 01.01.2002 und für bestehende ab 01.01.2012 anstelle der bisher üblichen, nicht ausgestalteten Käfige nur solche mit Sitzstangen, Legenest und Sandbad zugelassen werden (= „ausgestaltete Käfige"). Die nutzbare Fläche je Henne wird gleichzeitig auf 600 cm² Henne/Käfig erhöht.

Tab. 1: EU-Richtlinie zur Legehennenhaltung (Mindestanforderungen bei der Haltung von Legehennen in Käfigen)
EU-directive in the keeping of laying hens (minimum requirements in the keeping of laying hens in cages)

Zeitraum	Festlegung/Forderung
bis 01.01.2002	Umsetzung der EU-Richtlinie in nationales Recht
ab 01.01.2003	mindestens 550 cm² Fläche je Henne und 10 cm Troglänge in herkömmlichen Käfigen (bestehende Anlagen)
ab 01.01.2012	prinzipielles Verbot der herkömmlichen Käfighaltung
ab 01.01.2002	gelten für ausgestaltete Käfige folgende Mindestforderungen • mind. 750 cm² Käfigfläche je Tier, davon 600 cm² nutzbare Fläche • gesamte Käfigfläche mind. 2000 cm² • ein Nest • Einstreu zum Picken und Scharren • geeignete Sitzstangen mit 15 cm je Henne • Futtertrog mit mind. 12 cm je Henne • Krallenabriebfläche

2.2 Aktuelle Bedeutung einzelner Haltungssysteme

In Anlehnung an die gültigen Vermarktungsnormen für Eier (Verordnung Nr. 1274/91) lassen sich verschiedene Haltungssysteme (z.B. Volieren- oder Käfighaltung) definieren.

Wie aus der Tabelle 2 zu entnehmen ist, werden z.Z. über 85 % der Hennen in herkömmlichen (= nicht ausgestalteten) Käfigen gehalten.

Tab. 2: Legehennenhaltung (%) nach Haltungssystemen[1] in Deutschland[2]
Keeping of laying hens (%) subdivided in form of keeping systems[1] in Germany[2]

Haltungsform	1994	1996	1998	1999
Käfig-/Batteriehaltung (herkömmlich)	94,5	92,4	89,2	88,4
Volieren-Haltung	-	0,3	0,3	0,5
Bodenhaltung	4,4	5,1	6,3	6,1
intensive Auslaufhaltung	0,1	0,2	0,4	0,4
Freilandhaltung	0,9	1,9	3,7	4,7

[1] gegliedert nach Verordnung Nr. 1274/91 (Vermarktungsnormen bei Eiern)

[2] ZMP-Bericht (Böttcher, 2000) für meldepflichtige Betriebe

Die in der Richtlinie 1999/74/EG des Rates vom 19. Juli 1999 genannten zeitlichen Übergangsregelungen für die Käfighaltung können nur mit der weiten Verbreitung dieser Haltungsform begründet werden.

2.3 Bewertung verschiedener Haltungssysteme

Eine vollständige Beurteilung eines Haltungssystems kann nicht mit einem einzigen Indikator bzw. Kenngröße erfolgen. Es müssen statt dessen eine Vielzahl möglicher Indikatoren gleichzeitig berücksichtigt und bewertet werden (BRADE 2000).

Für den Verbraucher bleiben produktbezogene Indikatoren, wie Produktsicherheit bzw. Preis von zentraler Wichtigkeit.

Die Vorteile der sogenannten alternativen Haltungssysteme (= „Nichtkäfigsysteme") gegenüber der Käfighaltung liegen darin, dass

- verschiedene typische Verhaltensweisen des Huhnes ausgeführt werden können (größere Komplexität an Umweltreizen, vielseitigere Ausübung von Verhaltensweisen),
- die ethische Bewertung gegenüber der Käfighaltung beim Verbraucher hoch ist.

Um die Vorteile herkömmlicher Käfige (Hygiene, geringerer Medikamenteneinsatz, kleine Tiergruppen, geringe Staubbildung u.a.) zu wahren und vorhandene Verhaltensdefizite zu überwinden, bieten sich nach bisherigem Kenntnisstand ausgestaltete Käfige an (RAUCH 2000).

2.4 Ausgestaltete Käfige verschiedener Hersteller / offene Fragen

In der Tabelle 3 sind einige Käfigmodelle bzw. aktuelle Anbieter von ausgestalteten Käfigen zusammengestellt. Sie belegen die große Vielfalt bezüglich der Entwicklung ausgestalteter Käfige. Die meisten der genannten Käfigmodelle werden z.Z. experimentell geprüft. Mit anderen Worten: Es liegen kaum umfangreiche, genügend wiederholte Praxisergebnisse, eventuelle mit Ausnahme längerfristiger Versuche vor allem in Schweden und in den Niederlanden, vor. Aktuelle Bemühungen erstrecken sich auf

- den Nachweis der Praxistauglichkeit,
- die Sicherstellung einer hohen Eiqualität und Tiergesundheit (kein Kannibalismus oder Federpicken),
- weitere Optimierung der Käfigform und -struktur einschließlich Tierzahl pro Käfig sowie Platzangebot;
- weitere Optimierung der Inneneinrichtungen (Gestaltung, Anordnung, verwendete Materialien etc.),
- Senkung der Investionskosten.

Die neu entwickelten Käfigmodelle variieren - je nach Modell - zwischen weniger als 10 Tieren je Käfigabteil bis zu 20 Tieren. In Erprobung sind allerdings auch Großraumkäfige mit über 40 Tieren/Käfig.

Aus der konventionellen Käfighaltung ist bekannt, dass Gruppengrößen von 4 - 6 Hennen und begrenztem Platzangebot (≤ 550 cm² Tier/Käfig) in der Regel wenig Probleme bezüglich des Auftretens von Kannibalismus bereiten.

Bei modifizierten Gruppengrößen (≥ 10 Tiere) und wesentlich größerem Platzangebot sind nicht nur ethologische Aspekte (z.B. soziales Gefüge, Rangordnung, Kannibalismus) im Tierbestand neu zu untersuchen, sondern auch Fragen nach der Durchführbarkeit und Sicherheit der Tierkontrolle zu beantworten.

Eine Reihe von Fragen sind darüber hinaus im Zusammenhang mit der weiteren Optimierung der Nester (Akzeptanz, Nestfläche, Verschmutzung/Reinigung, Eiqualität und -gewinnung etc.) zu klären.

Am schwierigsten stellt sich zur Zeit die Frage nach der optimalen Einordnung des Sandbades.

Die laufenden Untersuchungen konzentrieren sich auf:

- Größe des Sandbades/Form/Anordnung im Käfig,
- Zugangsgestaltung für die Henne im Tagesverlauf/Verhinderung der Eiablage im Sandbad,
- geeignetstes Einstreumaterial,
- Befüllung/Reinigung des Sandbades.

Bedingt durch das zusätzliche Vorhandensein von Sandbad, Sitzstange und Nest sind bereits jetzt höhere Anteile an Knick- und Schmutzeier zu belegen, so dass die Produktionskosten nicht nur durch die höheren Investitionskosten, sondern auch durch einen geringeren Anteil vermarktungsfähiger Eier steigen (HUBER 2000).

Schließlich stellt sich auch die Frage nach der Verbraucherakzeptanz dieser neuen Käfigmodelle. Festzuhalten bleibt, dass letztlich die Legehennen weiterhin in Käfigen gehalten werden. Eine Haltungsform, die - zumindest von einem Teil der Verbraucher - auch künftig abgelehnt werden wird.

Tab. 3: Käfigmodelle und -maße für ausgestaltete Käfige einiger Hersteller (Firmenangaben)
Models and measures of new furnished cages of some manufactures (firm details)

Firma/ Hersteller (Ort, Land)	Bezeichnung	Käfig-länge (mm)	Käfig-tiefe (mm)	Käfig-fläche[1] je Tier (cm^2)	Tierzahl/ Käfig	Befüllung Sandbad (Einstreu-material[2])
Big Dutchman Int. (Vechta, D)	Aviplus	1206	630	759	10	automatisch (Sägemehl)
	EV 625 A-EU (EV = Eurovent)	2412	625	753	20	automatisch (Sägemehl)
	EV 625-EU	1206	625	753	10	automatisch (Sägemehl)
	EV 500-EU	1206	500	753	8	automatisch (Sägemehl)
Hellmann Poultry (Vechta-Telbrake, D)	Euromodell Typ 640	1205	640	771	10	automatisch (Holz, zer-kleinert)
	Euro 500 (Schweden-modell)	1205	500	753	8	automatisch (Holz, zer-kleinert)
Salmet Int. (Dietzenbach, D)	Salmet AGK 2000/615	2000	615	768	16	automatisch (Strohpel-lets)
Ten Elsen GmbH (Sonsbeck, D)	Etagensystem „Specht“[3]	2400	1100	660/ 750	40 (z.Z.) 35 (ab 1.1.2002)	automatisch (Holzspäne)
Jansen Poultry Equipment (Barneveld, NL)	Lege-Kommune-System	2975	1500	797	50	automatisch (Sand/ Sägemehl)

[1] jeweils abgerundet; [2] nach Angaben der Firmen;
[3] entwickelt als Elterntierbatterie in Spelderholt (Holland)

3 Aktuelle Versuche / Praxiserprobungen

Aufgrund der noch zu leistenden erheblichen Entwicklungsarbeiten bzw. fehlender Praxiserprobungen in Deutschland wurde auf Initiative verschiedener Verbände und des BML eine Bewertung neu entwickelter ausgestalteter Käfige in sieben Praxisbetrieben zwischenzeitlich organisiert. Zusätzlich sind in verschiedenen Versuchseinrichtungen (Ruthe, Haus Düsse u.a.) gezielte Erprobungen ausgestalteter Käfige unter Einbeziehung weiterer wichtiger Beurteilungskriterien (z.B. Hygiene, innere Eiqualität) organisiert.

Da ein Versuchsdurchgang ca. 1 Jahr dauert und während eines Legejahres kaum größere Änderungen am Haltungssystem möglich sind, dürften erste Berichte erst Anfang/Mitte des Jahres 2001 vorliegen.

Zur endgültigen Bewertung eines Haltungssystems sind Ergebnisse aus mehreren Produktionsdurchgängen erforderlich, so dass noch mehrjährige Praxisuntersuchungen in Deutschland notwendig sind.

Lediglich aus Schweden und z.T. aus den Niederlanden liegen erste Berichte über Ergebnisse mehrerer Produktionsdurchgänge vor. TOUSON (1999a, b) nennt u.a. folgende Ergebnisse für zwei geprüfte Käfigmodelle in Schweden:

- normale Produktivität und Sterblichkeit,
- der Anteil der Knickeier ist vom Käfigmodell bzw. der Struktur abhängig,
- die Erhöhung der Investitionskosten bzw. des Arbeitsaufwandes ist vom Design und Käfigkonzept abhängig.

4 Schlussfolgerungen

Ausgestaltete Käfige lassen wesentliche Verbesserungen bezüglich der Bewegungsfreiheit der Tiere erwarten. Auch die Ansprüche der Tiere bezüglich Körperpflege, bei der Eiablage oder im Komfortverhalten werden durch ausgestaltete Käfige vergleichsweise besser erfüllt als bei der Haltung der Hennen in herkömmlichen Käfigen.

Erste ausgestaltete Käfige befinden sich in der Stufe der „Praxiserprobung/Markteinführung". Es fehlen jedoch z.Z. noch gesicherte, genügend wiederholte Ergebnisse für endgültige Aussagen.

Das Vorhandensein eines Sandbades bzw. von Nestern dürfte das Infektionsrisiko bzw. den Knickeieranteil sowie die Staubentwicklung erhöhen. Eine Reihe weiterer Fragen sind bisher noch nicht endgültig beantwortet.

Unumgänglich bleiben gute Stalllüftungs- sowie Kotsammelsysteme, die beispielsweise den Kot trocknen und keine hohe Ammoniakbildung im Stall zulassen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass neben der dringenden weiteren Anpassung der bisherigen Käfighaltung an die Bedürfnisse der Tiere auch an der weiteren Verbesserung alternativer Haltungssysteme zu arbeiten ist.

5 Literatur

APPLEBY, M.C. UND B.O. HUGHES, 1995: The Edinburgh Modified Cage for laying hens. British Poultry Sci. 36, S. 707-718

APPLEBY, M.C., S.F. SMITH UND B.O. HUGHES, 1993: Nesting, dust bathing an perching by laying hens in cages: effect of design on behavior and Welfare. British Poultry Sci. 34, S. 835-847

BESSEI, W., 2000: Zum Verhalten von Legehennen in ausgestatteten Käfigen. Jb. f. d. Geflügelwirt. Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 89 -96

BRADE, W., 2000: Neue Haltungssysteme für Legehennen (Teil 1 u. 2). Tierärztl. Umschau 55, S. 185-189 u. 273-276

HUBER, A., 2000: Persönliche Mitteilung

RAUCH, W., 2000: Wissenschaftliche Erkenntnisse nur teilweise berücksichtigt. DGS spezial, Supplement des DGS-Magazins, H. 10, S. 8

TAUSON, R., 1999a: The state of development and experiences of new furnished cages for laying hens. WPSA-Tagung, Mariensee, 10.03.1999

TAUSON, R., 1999b: „Ausgestaltete Käfige" – Erfahrungen und Anforderungen an die Legehennenhaltung in Schweden. Vortrag, Hannover, 19.10.1999

VAN NIEKERK, T., 1999: Bodenhaltung, mehretagige Bodenhaltung (Volieren) und andere Entwicklungen in den Niederlanden. Vortrag, Hannover, 19.10.1999

New keeping systems for laying hens – The state of using of new furnished cages for laying hens

BRADE, WILFRIED

Landwirtschaftskammer Hannover, Referat Tierzucht und Tierhaltung, Johannssenstr. 10, 30159 Hannover, Germany

The objective of furnished cages is to combine the advantages and reduce the disadvantages of open systems/aviaries and conventional cages. Current research is mainly focused at egg quality and nest design, litter distribution and material, group size and continous reduction of investment costs. More experience in practice are urgent necessary in Germany.

Das Emissionsverhalten von Geflügelmist beim Einsatz unterschiedlicher Einstreumaterialien

HÖRNIG, GÜNTER UND REINER BRUNSCH

Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

1 Einführung

Außer Wasserdampf und Kohlendioxid sind Ammoniak und Methan Endprodukte des tierischen Stoffwechsels und der mikrobiellen Umwandlung der Exkremente und der Einstreu. Ammoniak ist das quantitativ wichtigste Spurengas. Die Intensität seiner Freisetzung wird durch den Gehalt von Stickstoff im Substrat, durch Temperatur, Feuchte und pH-Wert bestimmt. Methan wird nur unter streng anaeroben Bedingungen gebildet, wenn organische Substanz (Kohlenstoff) vorhanden ist. Ein wesentlicher Einfluss auf diese Bedingungen geht auch von den Einstreumaterialien aus, die sich nach Art und Abmessung der Teilchen erheblich voneinander unterscheiden. Einstreu findet in der Geflügelmast breite Anwendung. Alternative Verfahren zur Käfighaltung von Legehennen stützen sich ebenfalls auf die Nutzung von Einstreu.

Forschungsarbeiten befassen sich mit der Frage, ob die Emissionen durch Art und Aufbereitung konventioneller wie auch neuer Einstreumaterialien minimiert werden können. Im Folgenden wird über Laboruntersuchungen mit 20 Einstreuvarianten berichtet.

2 Material und Methoden

Frischer Legehennenkot mit TS-Gehalten um 40 % wurde aus einer 4-Etagen-Käfigbatterie vom Kotband entnommen und intensiv mit den folgenden Einstreumaterialien gemischt: Weizen-, Gersten-, Roggen und Haferstroh (gesplissen, gehäckselt in 10 mm und 40 mm Länge sowie unzerkleinert), Weizen- und Weizen-/Gerstenstroh-Pellets, Holzspäne, Torf und Braunkohlenxylit. Letzteres ist ein Rückstand der Braunkohlenaufbereitung, der hauptsächlich aus unverkohlten Holzfasern besteht. Das Mischungsverhältnis betrug 20 : 1 (Kot : Einstreu) mit Ausnahme von Strohpellets und Braunkohlenxylit (10 : 1).

Die Messungen umweltrelevanter gasförmiger Emissionen fanden unter Laborbedingungen mit konstanter Temperatur von 20 °C statt. Die Kot-Einstreu-Gemische wurden mit einer Schichthöhe von 6 cm in zwölf Behälter eingefüllt (Abb. 1). Gemessene Parameter waren die Gehalte an TS, oTS, N_t und NH_4-N sowie der pH-Wert. Täglich über eine Dauer von 10 Tagen wurden die Temperaturen im Substrat und die Konzentrationen von Ammoniak, Methan, Kohlendioxid und Lachgas über dem Substrat gemessen. Die Behälter waren nur während der Gasmessung geschlossen. Die Freiräume über dem Mist wurden mit gleichen Volumenströmen reiner Luft belüftet. Die Belüftungsrate betrug 25 l/min, sodass die Luftgeschwindigkeit über der Oberfläche sehr gering war. Der photoakustische Gasmonitor saugte die Proben vom Luftauslass am Deckel jeden Behälters an.

Es wurden fünf Versuchsserien durchgeführt, in denen jede der 20 Einstreuvarianten dreimal getestet wurde. Die Reihenfolge war zufällig verteilt.



Abb. 1: Untersuchung der Kot-Einstreu-Gemische in 12 Behältern
(Schichtdicke 6 cm, Raumtemperatur 20 °C)
Investigation of the mixtures from faeces and litter in 12 containers

3 Ergebnisse

3.1 Temperaturverlauf

In allen Versuchsserien trat ein typischer Temperaturverlauf in den Kot-Einstreu-Gemischen auf (Abb. 2, Beispiel: 4. Versuchsserie).

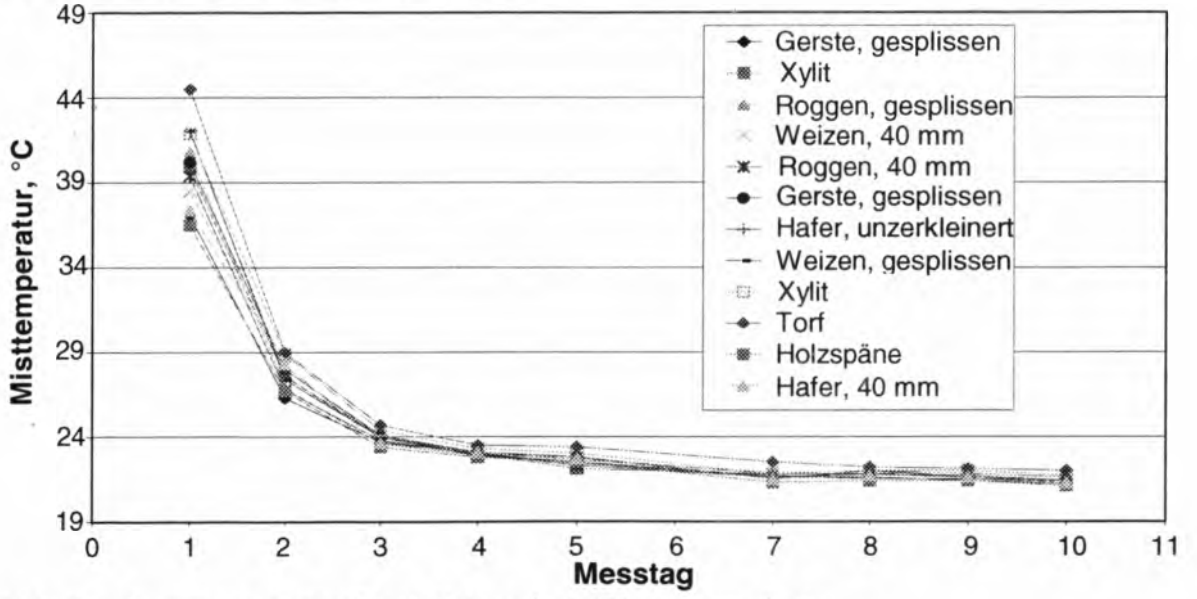


Abb. 2: Temperaturverlauf im Mistgemisch (Versuchsserie 4)
Course of manure temperature (trial 4)

Nach der Einlagerung der Gemische setzte eine rege mikrobielle Aktivität ein. Die Temperaturen erreichten nach 20 Stunden Maximalwerte zwischen 35 °C und 45 °C, fielen dann exponentiell ab und näherten sich 21 °C bis 22 °C am 10. Messtag.

Einen typischen Verlauf der NH_3-Konzentration während *einer* Messung zeigt Abbildung 3. Jeweils zehn Werte wurden bei geschlossenen Behältern und gleichzeitiger Belüftung gewonnen. Die Verlaufskurven zeigten in der Regel eine Trapezform, allerdings meistens mit höher liegenden Werten für die ersten beiden Punkte. Deshalb wurden vor der Auswertung die ersten zwei Werte eliminiert, sodass generell acht Messwerte zur statistischen Verrechnung herangezogen wurden.

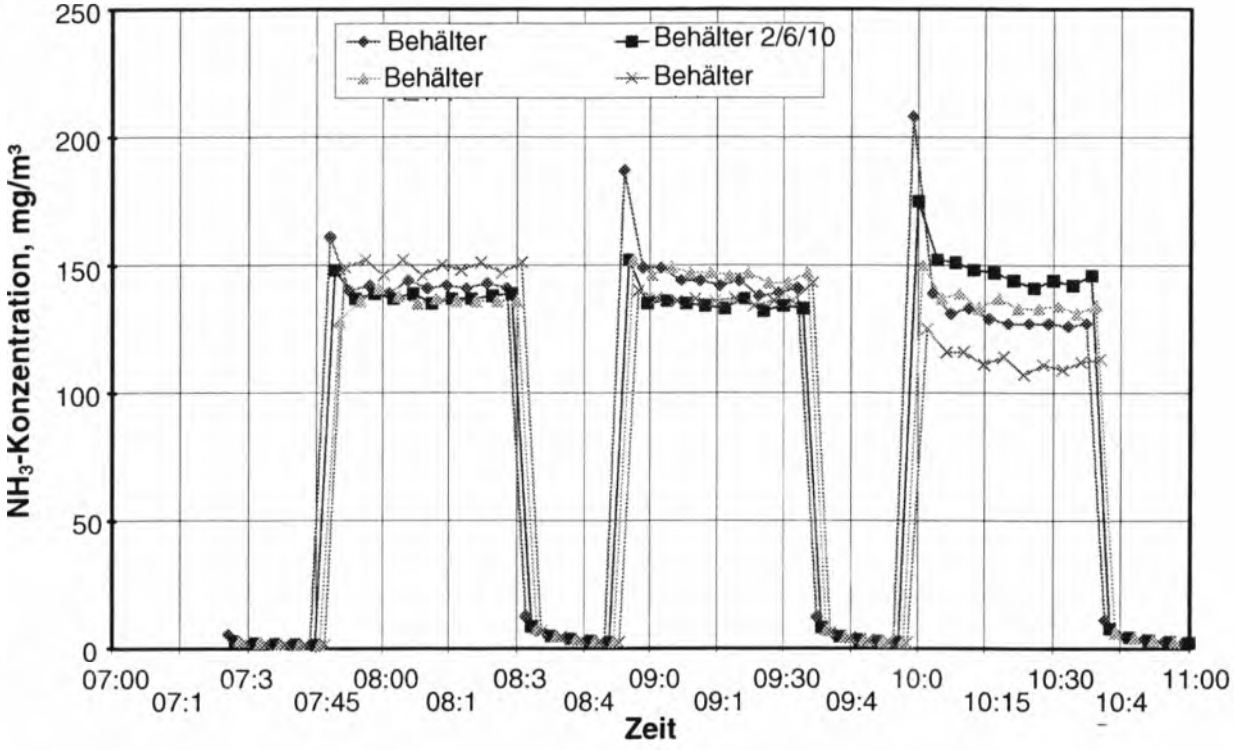


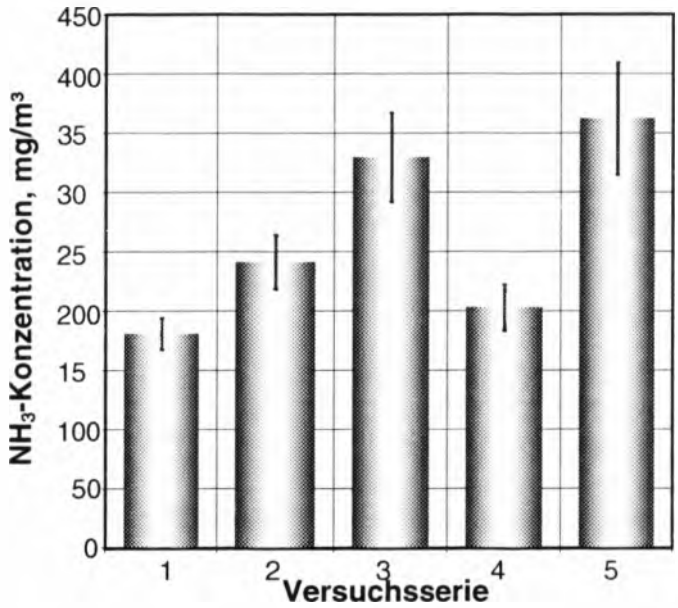
Abb. 3: Verlauf der Ammoniakkonzentration während dreier Phasen einer Messung; Phase 1: Behälter 1 - 4; Phase 2: Behälter 5 - 9; Phase 3: Behälter 9 - 12
Course of ammonia concentration during three phases of measuring phase 1: container 1 - 4; phase 2: container 5 - 9; phase 3: container 9 - 12

Die täglich gemessenen Konzentrationen von NH_3, CO_2 und CH_4 folgten dem Temperaturverlauf. Die N_2O-Konzentration zeigte keine versuchsbedingten Unterschiede zur Außenluft. Das bedeutet, dass die Konzentrationsniveaus von Tag zu Tag abnahmen und zwar für die Gase recht unterschiedlich: bei NH_3 auf etwa 40 %, bei CH_4 auf etwa 25 % und bei CO_2 auf etwa 15 %. Das ist ursächlich verbunden mit dem Verhalten der Stickstoff- und Kohlenstoffquellen im angemischten Mist. Die Bildung von Methan und Kohlendioxid nahm mit sinkender mikrobieller Aktivität (Temperatur) rasch ab. Dagegen war die Ammoniakfreisetzung bis zum 10. Lagertag erheblich, vor allem wegen der Nachlieferung aus entsprechenden Stickstoffquellen.

Die Konzentrationswerte von NH_3, CH_4 und CO_2 lagen unter Berücksichtigung von acht Einzelwerten am ersten Messtag, 20 Einstreuvarianten und drei Wiederholungen naturgemäss in weiten Bereichen mit hoher Standardabweichung (Tab. 1). Lachgas (N_2O) wurde nicht nachgewiesen.

Tab. 1: Bereiche und Mittelwerte der Gaskonzentrationen; 1. Messtag, drei Wiederholungen und 20 Einstreuvarianten
Ranges and means of gas concentrations; first measuring day, three repetitions and 20 litter variations

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
NH_3-Konzentration mg/m³	480	148	435	263,2	77,3
CH_4-Konzentration mg/m³	480	3,88	20,40	10,42	2,89
CO_2-Konzentration mg/m³	480	4120	13600	7220	1661



Zudem unterschieden sich die Konzentrationsmittelwerte der fünf Versuchsserien, in denen alle Varianten zufällig verteilt waren, signifikant voneinander (Abb. 4). Das bedeutet, dass es erhebliche, wenn auch unerwartete Einflüsse aus dem Anfangszustand der Gemische gab. Trotz analoger Zeitpunkte der Kotentnahme von den Bändern erstreckte sich der TS-Bereich von 36,5 % bis 46,1 %. Das wirkte sich auf die TS-Gehalte der Kot-Einstreu-Gemische sowie die Substrattemperaturen und NH_3-Konzentrationen aus. Niedrige TS-Gehalte korrelierten mit hohen Temperaturen und NH_3-Konzentrationen und umgekehrt.

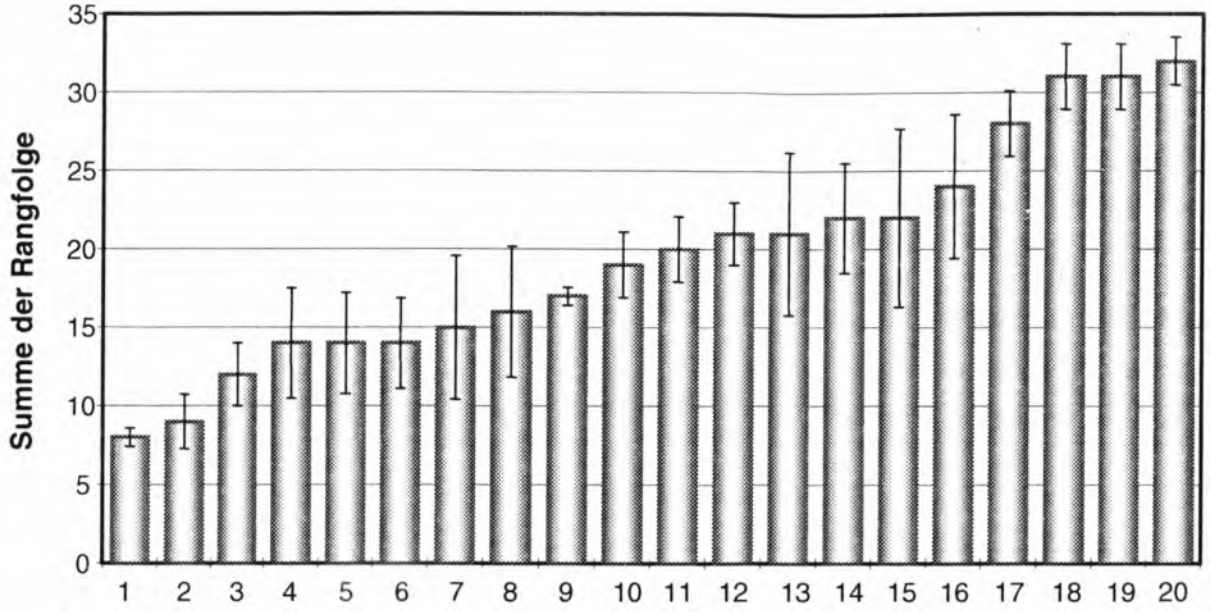
Abb. 4: Mittlere NH_3-Konzentration und Standardabweichung in den fünf Versuchsserien
Mean NH_3 concentration and standard deviation in the five series of experiments

Deshalb wurde die Auswertung wie folgt durchgeführt:

Für die fünf Versuchsserien mit je 12 Einstreuarten wurden die jeweiligen Konzentrationen von NH_3, CH_4 und CO_2 mit einer Rangfolge versehen (Rang 1 für die niedrigste Konzentration). Die Summe der Ränge aus den drei Wiederholungen je Einstreuart ergab die Rangfolge hinsichtlich der Gasfreisetzung (Abb. 5, Beispiel für NH_3).

Hieraus sind systematische Vorteile für eine Einstreu- oder Aufbereitungsart nicht ohne weiteres zu erkennen. Wohl sind Gersten- und Roggenstroh im günstigen (Emissions-)Bereich zu finden und besser als Weizen- und Haferstroh einzuordnen. Aber die exponierte Stellung von Haferhäcksel (40 mm) ist - wegen der eher wasserabweisenden Halmoberfläche - nicht erklärbar.

Andererseits sind Braunkohlenxylit und die Strohpellets im Bereich hoher NH_3-Freisetzung angesiedelt. Xylit in der verwendeten Aufbereitungsform war nicht ausreichend mit dem Kot mischbar. Der Anteil der Pellets (10 Masse%) reichte wiederum nicht aus entsprechende Flüssigkeitsmengen aus dem Kot zu binden.



1 Haferstroh, 40 mm
2 Gerstenstroh, 40 mm
3 Gerstenstroh, gesplissen
4 Gerstenstroh, 10 mm
5 Roggenstroh, 40 mm
6 Roggenstroh, gesplissen
7 Roggenstroh, unzerkl.
8 Weizenstroh, unzerkl.
9 Weizenstroh, gesplissen
10 Haferstroh, 10 mm
11 Gerstenstroh, unzerkl.
12 Weichholz, Späne
13 Torf
14 Weizenstroh, pelletiert
15 Xylit
16 Weizenstroh, 10 mm
17 Weizenstroh, 40 mm
18 Roggenstroh, 10 mm
19 Gerste/Weizenstr., pelletiert
20 Haferstroh, unzerkl.

Abb. 5: Rangfolge als Summe der Platzierungen in den Versuchsserien (NH_3)
Priority as sum of places in the experimental series (NH_3)

Zur Ermittlung des Einflusses der Aufbereitung wurde diese über die Einstreuarten hinweg bewertet (Abb. 6). Dabei wurde wegen der unterschiedlichen Besetzung der Aufbereitungsarten (gesplissen: 3 Stroharten, Häcksel 40 mm, 10 mm und unzerkleinert: 4 Stroharten, Pellets: 2 Stroharten) die mittlere Rangsumme verwendet.

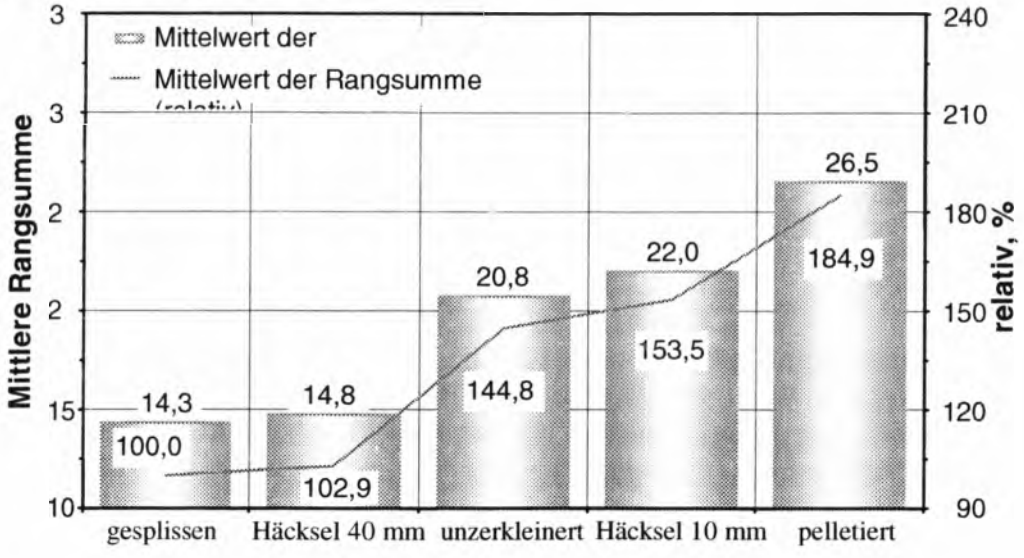


Abb. 6: Mittlere Rangsumme der Aufbereitungsarten (absolut und relativ)
Mean priority of litter processing (absolute and relative)

Es fällt auf, dass der Rang des 10 mm Häcksels nicht den allgemeinen Erwartungen entspricht, da die größere Halmoberfläche bei gleichzeitig guter Vermischbarkeit mit dem Kot eine kleinere NH_3-Bildung und -freisetzung bewirken sollte. Zur weiteren Klärung der Zusammenhänge ist die Versuchsanstellung gezielt zu verändern.

Die Auswertung unter Nutzung der beschriebenen Rangfolgenbildung wurde auf die Kategorien „alle Gutarten", „alle Stroharten", „alle anderen (nicht Stroh)", immer ohne Berücksichtigung der Aufbereitung, ausgedehnt. Über die Ergebnisse wird später berichtet.

4 Schlussfolgerungen

Die bisher durchgeführten Untersuchungen haben noch nicht zu eindeutigen Rangfolgen der Einstreumaterialien hinsichtlich ihrer Wirkung auf gasförmige Emissionen geführt. Die Auswertung zu CH_4 und CO_2 ist noch nicht abgeschlossen. Für weiterführende Arbeiten sind folgende Fakten zu berücksichtigen:

- Gleiche Koteigenschaften für das Mischen mit Einstreu zu Mistsubstraten,
- Anordnung der drei Wiederholungen zu einer Aufbereitungs-/Gutart in einer Serie,
- Untersuchung von Xylit mit höherem Zerkleinerungsgrad,
- Veränderung der Versuchsanstellung zur Untersuchung von Strohpellets.

The emission behaviour of poultry manure using different litter materials

HÖRNIG, GÜNTER AND REINER BRUNSCH

Institute of Agricultural Engineering Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany

The intensity of gaseous emissions is also influenced by the kind of litter used for keeping of poultry. Therefore, research work is done to quantify the effect of both known and new litter materials. Fresh excrements from laying hens were intensively mixed with twenty different kinds of litter (straw and wood, different processing). The measurements of environmentally relevant gaseous emissions were carried out in twelve containers under laboratory conditions. The height of the manure layers was 6 cm.

There was a characteristic course of temperature during all experimental series. After a strong microbial activity with manure temperatures of up to 40 °C followed an exponential decrease to about 21 °C. The NH_3, CH_4 and CO_2 concentrations measured daily followed the temperature course.

Because of unexpected impacts of the primary dry matter content of the laying hen faeces on the emission behaviour a specific evaluation method was used. The rank order of NH_3 concentration was determined within each of the five experimental series. Then, the ranks of the three repetitions were used to estimate the effect of the kind and the processing of litter. Previous results regarding NH_3 emission are reported. The evaluation regarding CH_4 and CO_2 has to be finished. There are conclusions how to modify the experimental design of further works.

Arbeitswirtschaftliche Beurteilung der Elterntierhaltung von Puten unter besonderer Berücksichtigung zweier unterschiedlicher Nestsysteme

MÜLLER, DÖRTHE; HANS-PETER SCHWARZ UND HERMANN SEUFERT

Institut für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Gießen, Braugasse 7, 35390 Gießen

1 Einleitung und Zielsetzung

Durch das besonders wertvolle und sensible Tiermaterial muß bei der Elterntierhaltung von Puten dafür Sorge getragen werden, daß den Tieren eine optimale Umwelt geboten wird. Grundsätzlich werden Putenelterntiere in Bodenhaltung auf Tiefstreu gehalten. Die Haltung läßt sich in zwei Abschnitte einteilen die Aufzuchtphase und die Reproduktive- bzw. Legephase. Die Haltungsbedingungen in der Intensivhaltung stimmen bei allen Herkünften weitgehend überein.

Dem Kostenfaktor Arbeit kommt in jedem Unternehmen ein wesentlicher Stellenwert zu. Besonders die Elterntierhaltung von Puten ist durch die geringen Möglichkeiten zur Mechanisierung im Fortpflanzungsgeschehen mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden. Das Ziel der Arbeitszeiterfassung liegt darin, im Produktions- und Arbeitsverfahren die Leistung zu optimieren.

Der Erfolg der Elterntierhaltung von Puten hängt maßgeblich von der Wahl des Nestsystems ab. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen automatischen Nestern und Handnestern, die meist im Eigenbau hergestellt werden. Während bei den Automatiknestern das Ei nach der Ablage auf ein Transportband rollt und auf einen Eiersortiertisch im Stallvorraum transportiert wird, müssen die Eier aus den sogenannten Handnestern einzeln im Stall gesammelt werden. Dem Vorteil des geringeren Arbeitsaufwands, bei der Ausstattung der Ställe mit Automatiknestern stehen höhere Investitionen je Platz und meist eine geringere Legeleistung der Hennen entgegen.

Anhand der Arbeitszeiterfassung sowie der Erfassung der Legeleistung und Investitionskosten soll das betriebswirtschaftlich bessere System erkannt werden.

2 Material und Methode

Für die Untersuchungen stand ein landwirtschaftlicher Praxisbetrieb zur Verfügung. In diesem Betrieb wurde sowohl die Aufzucht der 5.720 Hennen und 676 Hähne, als auch die reproduktive Phase durchgeführt. Die Hennen wurden nach der Aufzucht auf vier Ställe aufgeteilt, wovon jeweils zwei mit Automatiknestern bzw. mit sogenannten Handnestern ausgestattet waren.

Die Arbeitszeiterfassung erfolgte mit Hilfe vorgefertigter Tagebücher, nach der Methode von AUERNHAMMER (1986). Für den arbeitswirtschaftlichen Vergleich zwischen den beiden Nestsystemen wurden die Arbeiten, die im direkten Bezug zu den Nestsystemen standen, durch Arbeitsbeobachtung erfaßt. Um die Genauigkeit der Messung zu gewährleisten, wurde jeweils eine Messung mit drei Wiederholungsmessungen durchgeführt.

Über die Arbeitszeiterfassung hinaus erfolgte der Vergleich der beiden Nestsysteme auf der Basis der Kosten der Nestanlage sowie der Legeleistung der Hennen.

3 Ergebnis

Die Auswertung der Arbeitszeiterfassung ergab einen Gesamtarbeitszeitbedarf von 4.979 APh für eine Elterntierherde von 5.720 eingestallten Küken. Mit 822 APh für die Aufzucht der untersuchten Herde ist der Arbeitszeitbedarf gegenüber der Reproduktion gering. Charakterisiert ist die Aufzucht durch das Auftreten von Sonderarbeiten, wie z.B. das Impfen und Schnäbeln der Tiere. Die reproduktive Phase zeichnet sich mit 4.157 APh durch einen hohen, aber konstanten Arbeitszeitbedarf aus. Der hohe Arbeitszeitbedarf wurde grundlegend von den Tätigkeitsbereichen der Fortpflanzung und das Sammeln der Eier bestimmt.

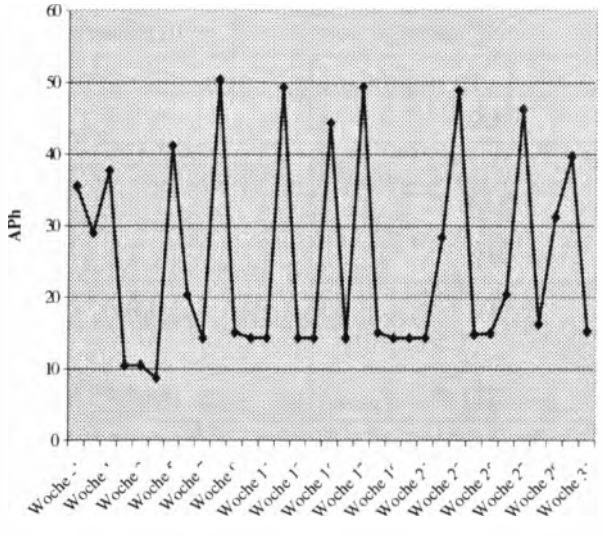


Abb.1: Arbeitszeitbedarf während der Aufzucht
Required working time rearing period

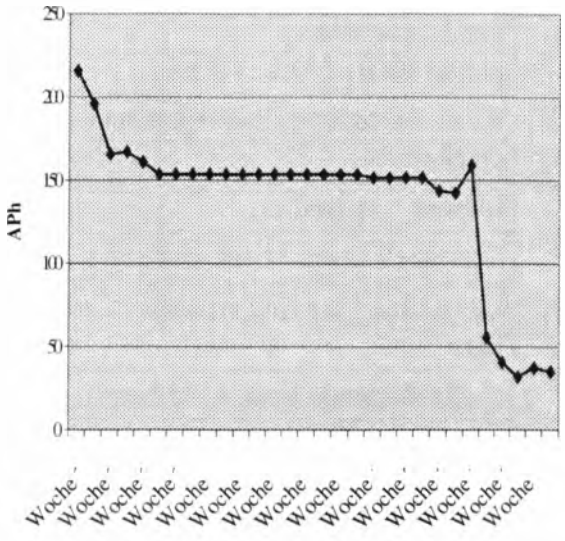


Abb. 2: Arbeitszeitbedarf während der Reproduktion
Required working time reproduction period

3.1 Einteilung des Arbeitszeitbedarfes der Aufzucht in einzelne Tätigkeitsbereiche

Aufgrund der vollautomatischen Fütterungs- und Tränkeeinrichtungen bestanden während der Aufzucht keine festgelegten Arbeitszeiten. Es bestand eine gewisse Flexibilität in der Zeiteinteilung. Die sich täglich über die ganze Aufzucht wiederholende Arbeit bestand aus der Kontrolle von Tier und Technik. Diese Tätigkeit bildete mit 28 % den höchsten Anteil am Gesamtarbeitsaufwand während der 31 Aufzuchtwochen. Tabelle 1 zeigt Tätigkeitsbereiche und die benötigten Arbeitspersonenstunden währen der Aufzucht.

Tab.1: Tätigkeitsbereiche und benötigte APh währen der Aufzucht
Task and required working time during the rearing period

Tätigkeit / task	benötigte APh/Aufzucht required working hrs rearing phase	APh/100 Anfangshennen working hrs/100turkeys
täglich / daily		
Kontrolle von Tier und Technik / monitoring of animals and technical equipment	232	3,63
wöchentlich / weekly		
Einstreuen / bedding	150	2,35
Sonderarbeiten / special tasks		
Stallvorbereitung / preparation of turkey barn	37	0,58
Kükenbetreuung / management of chicken	48	0,75
Impfen / vacination	145	2,27
Schnäbelkürzen / beak trimming	91	1,42
Umstallen / moving animals to other barn	30	0,47
Stallreinigen / cleaning of barns	28	0,44
Sonstige Arbeiten / miscellaneous	61	0,95

Die einzige wöchentlich durchgeführte Tätigkeit war das Einstreuen der Ställe. Sie nahm mit 18 % einen großen Anteil am Gesamtarbeitsbedarf ein. Bei der Erfassung wurde neben dem Streuen auch das Ballenladen und -öffnen sowie der Transport zwischen Stall und Strohhalle berechnet.

Gemäß Definition sind Sonderarbeiten nicht tägliche Arbeiten, die aber eine gewisse Regelmäßigkeit während eines Produktionszyklus aufweisen. Durch diese Sonderarbeiten wurden die in Abbildung 1 dargestellten Schwankungen des Arbeitsaufwandes hervorgerufen.

Die ersten beiden Arbeitsspitzen wurden durch die Stallvorbereitung und die Betreuung der Küken in den ersten acht Tagen gebildet. Die folgenden Arbeitsspitzen wurden durch das dreimalige Kürzen des Oberschnabels und durch die durchgeführten subkutan bzw. intramuskulären Impfungen hervorgerufen.

3.2 Einteilung des Arbeitszeitbedarfes während der Reproduktion in einzelne Tätigkeitsbereiche

Die Haltungsstufe Reproduktion beinhaltet den Arbeitszeitbedarf, der von der 32. bis zur 56. Lebenswoche der Tiere benötigt wurde, sowie den Arbeitszeitbedarf, der für das Ausstallen der Tiere und das darauffolgende Reinigen der Ställe benötigt wurde. Tabelle 2 zeigt die erfaßten Tätigkeitsbereiche und die benötigten Arbeitspersonstunden während der Reproduktion.

Tab. 2: Tätigkeitsbereiche und benötigte APh während der Reproduktion
Task and required workingtime during the reproduction period

Tätigkeit / task	benötigte APh/Aufzucht required working hrs reproduction phase	APh/100 Anfangshennen working hrs/100turkeys
täglich / daily		
Kontrolle von Tier und Technik / monitoring of animals and technical equipment	253	4,76
Sammeln der Eier / collection of eggs	1362	25,61
wöchentlich / weekly		
Einstreuen / bedding	203	3,82
Spermagewinnung / obtaining sperm	482	9,06
Besamen der Hennen / insamination of hens	1557	29,27
Sonderarbeiten / special tasks		
Ausstallen / remove of animals	65	1,22
Stallreinigen / cleaning of barns	154	2,89
Sonstige Arbeiten / miscellaneous	81	1,52

Die sich täglich über die gesamte Reproduktion wiederholenden Tätigkeiten waren die Kontrolle von Tier und Technik sowie das Sammeln der Eier. Um die Qualität der Bruteier zu sichern, muß ein regelmäßiges und gewissenhaftes Sammeln sowie Desinfizieren der Bruteier durchgeführt werden. Auf dem Beispielbetrieb wurden die Eier siebenmal täglich gesammelt wodurch 33 % des Gesamtarbeitsaufwandes währen der Reproduktion entstanden.

Die Tätigkeiten, die wöchentlich durchgeführt wurden, waren das Einstreuen der Ställe, das Absamen der Hähne und das Besamen der Hennen. Der hohe Arbeitszeitaufwand für das Fortpflanzungsgeschehen (48 % des Gesamtarbeitszeitbedarfs) ergibt sich aus der Notwendigkeit der künstlichen Besamung aufgrund des großen Geschlechtdimorphismus der heutigen Hybridlinien.

Als Sonderarbeiten sind während der Reproduktion das Ausstallen der Puten sowie das darauffolgende Reinigen der Ställe erfaßt worden. Mit zusammen 218 APh entspricht dies 5 % des Gesamtarbeitsaufwandes und spielt somit nur eine untergeordnete Rolle.

Die angefallenen Arbeiten, die nicht einem dieser Tätigkeitsbereiche zugeordnet werden konnten, wie z.B. das Reinigen der Vorräume oder die durchzuführenden Reparaturarbeiten wurden unter Sonstiges zusammengefasst.

3.3 Arbeitswirtschaftlicher Vergleich der Automatik- und Handnester

Auf dem Beispielsbetrieb waren zwei Ställe mit jeweils zwei Herden von ca. 1000 Hennen mit Automatiknestern und weitere zwei Ställe, mit einer Belegung von 350 Hennen bzw. 670 Hennen, mit Handnester ausgestattet. In allen Ställen lag die Besatzdichte bei 1,5 Hennen pro m^2 und einem Hennen-Nest-Verhältnis von 1:5.

Der Vergleich der erbrachten Legeleistung von den mit Handnestern ausgestatteten Herden gegenüber den mit Automatiknestern zeigte eine Überlegenheit von durchschnittlich 18 brutfähigen Eiern pro Anfangshenne. Ein weiterer Vorteil der Handnester liegt in den um ca. 50 % geringeren Investitionskosten. Dem gegenüber steht ein höherer Arbeitszeitbedarf von 13 Minuten und 20 Sekunden bei der Gewinnung von hundert Bruteiern aus den Handnestern, wodurch höhere Arbeitskosten von ca. 4,30 DM pro Anfangshenne entstanden.

Letztendlich konnte, bedingt durch die hohe Leistung der mit Handnestern ausgestatteten Herden, ein höherer Erlös von 24,30 DM pro Anfangshenne gegenüber den mit Automatiknestern ausgestatteten Herden erwirtschaftet werden. Der eventuell höhere Futterverbrauch, der durch die höhere Reproduktionsleistung bedingt ist, wurde nicht mit einbezogen. Allerdings ist die höhere Legeleistung nicht ausschließlich durch die Ausstattung der Ställe mit Handnester bedingt, sondern auch durch die geringere Herdengröße. Es ist davon auszugehen, daß eine höhere Legeleistung von 5 Bruteiern pro Anfangshenne durch die Handnester erzielt werden kann. Die Legeleistungssteigerung die darüber hinausgeht ist auf die geringe Herdengröße zurückzuführen.

Beachtet werden sollte auch, daß der erhöhte Arbeitszeitaufwand aus rein ökonomischer Sicht betrachtet wurde. Durch die Notwendigkeit des Sammelns auch an Sonn- und Feiertagen, wird zudem eine hohe Flexibilität des Personals gefordert, welche durch den immer höher eingestuften Wert der Freizeitgestaltung in der Gesellschaft nicht vorausgesetzt werden kann.

Auch wenn diese Untersuchung auf eine klare Überlegenheit der Handnester hinweist, sollten die damit verbundenen potentiellen Schwierigkeiten nicht außer acht gelassen werden. Im Hinblick auf steigende Lohnkosten und die sinkende Bereitschaft zur Wochenendarbeit sollte die Entwicklung tiergerechter und effektiver Automatiknester vorangetrieben werden.

4 Literatur

AUERHAMMER, H.: Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskript der Vorlesung, Institut für Landtechnik, TU München-Weihenstephan, 1986

Assessment of work effort in turkey parent stock management with regards to two different nest-systems

MÜLLER, DÖRTHE; HANS-PETER SCHWARZ AND HERMANN SEUFERT

Institut für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Gießen, Braugasse 7, 35390 Gießen, Germany

As parent turkeys are very costly and susceptible animals special precautions have to be taken in order to keep them in the best possible conditions.

Parent turkeys are usually kept on the ground in deep litter.

Their management can be divided into two different periods: the rearing phase and the reproductive or laying period.

The keeping conditions of intensive stock management are similar for turkeys from all origins.

Work costs are a crucial factor for any company. Options for mechanisation of the reproduction process are very limited and parent stock turkey management therefore is very work intensive. The working hours on a turkey parent farm were monitored in order to optimise production and work processes. Working hours were documented using diaries which were completed by the farm staff. The process of collecting the eggs was monitored using a stop-watch. Two different nest-systems - manual nests and automatic nests - were assessed.

For a flock of 5.720 chicken a total working time of 4.979 hours was needed for the whole rearing and reproduction period. The rearing period was less time intensive (822 hours) as the reproduction period (4.157 hours). During the rearing phase peak working periods occurred due to vacination and beak trimming. The reproductive period involved work efforts on a steady high level due to reproduction processes and egg collection.

The manual nests were found to be superior to the automatic nests with regards to the number of broodable eggs per hen (18 additional broodable eggs per hen). However, these nests were associated with a higher work effort of 13 min 20 sec. per 100 eggs.

„Tierschutzgeprüfte" Produkte: Organisation und Umfang des Marktes und öffentliche Investitionsförderung in Österreich

BARTUSSEK, HELMUT

Institut für Technik, Bauwesen und Ökonomie, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A- 8952 Irdning, Österreich

1 Voraussetzung

Seit etwa 1990 besteht eine steigende Nachfrage nach Produkten, die unter ausreichender Berücksichtigung des Tierschutzes erzeugt werden (PFINGSTNER 1993, HINGST UND ORTNER 1995, ZITTMAYR 1996). Neben den ausgewiesenen Bioprodukten hat sich am österreichischen Lebensmittelmarkt eine zweite Schiene etabliert, die ausschließlich auf die Berücksichtigung der Bedürfnisse der Tiere abstellt und durch das geschützte Markenzeichen „tierschutzgeprüft" gekennzeichnet ist. Diese wachsende Sparte umfasst bisher leider nur Eier und Mastgeflügel, da Produkte anderer Tierarten noch nicht in einem ausreichendem Ausmaß angeboten werden.

2 Kontrollstelle für artgemäße Nutztierhaltung: Entwicklung, Organisation und Tätigkeit

Um schlechte Haltungsbedingungen bei Legehennen und die Täuschung von Verbrauchern zu unterbinden, führten nach 1990 verschiedene Tierschutzorganisationen in Österreich unabhängig voneinander, Kontrollen der alternativen Eierproduktion ein und boten die Kontrolldienste auch den Handelsketten an. Von 1988 bis 2000 stieg die Zahl der auf diese Weise kontrollierten Legehennen von rund 5.000 auf 1.200.000 (HUBMANN 2000) und umfasste 2000 rund 20 % aller in Österreich gehaltenen Hennen. 1992 begann die Lebensmittelkette „BILLA" (mit „MERKUR") Eier aus Boden- und Freilandhaltungen mit Tierschutzsiegel zu listen und bald danach folgte auch „SPAR". Unterschiedliche Kriterien, gegenseitige Verdächtigungen und das Fehlen einer Qualitätssicherung erwiesen sich jedoch zunehmend als kontraproduktiv. Durch das Engagement des Hühnerhalters ANTON HUBMANN (TONI´S Freilandeier) haben 1995 die österreichischen Tierschutzvereine „Wiener Tierschutzverein", „Tierschutzverein Vier Pfoten", „Verein gegen Tierfabriken" und der Tierschutzverein „Humanitas" eine „Kontrollstelle der Tierschutzorganisationen" mit dem Ziel gegründet, die erwähnten Mängel zu beseitigen und dem tierschutzbewussten Konsumenten Transparenz zu bieten. Das eingetragene Markenzeichen „tierschutzgerecht" musste 1996 auf Grund EU-rechtlicher Bedenken auf „tierschutzgeprüft" geändert werden. Der Name der Kontrollstelle wurde mit den Vorarbeiten zum Akkreditierungsverfahren (nach EN 45011 und ISO 9001) 1997 auf „Kontrollstelle für artgemäße Nutztierhaltung" abgeändert. Seit 1998 vergibt die Kontrollstelle auch exklusiv in Österreich das deutsche KAT-Zeichen (Verein für kontrollierte alternative Tierhaltungsformen e.V. KAT), das aber einen wesentlich niedrigeren Tierschutzstandard darstellt als das Logo „tierschutzgeprüft". Heute ist die Kontrollstelle die einzige von den großen Vermarktern ernstgenommene Instanz zur Vergabe der beiden Tierschutzsiegel, des Premiumzeichens „tierschutzgeprüft" und des Minimalsiegels „KAT".

Die Kontrollstelle ist eine GesmbH im Eigentum der genannten vier Tierschutzvereine und verfügt über eine Geschäftsstelle mit 5 Angestellten und bis zu 30 weiteren werkvertraglichen

Mitarbeitern in der Produzenten-, Packstellen- und Produktkontrolle (PREDL 2000a). Die vier Eigentümer beschließen in regelmäßigen Quartalssitzungen mit einfacher Stimmenmehrheit nach Anhörung des Wissenschaftlichen Beirates und der Beiräte der Produzenten und der Packstellen die Grundsätze der Geschäftsführung und die Produktionsbedingungen für die „tierschutzgeprüfte Erzeugung". Der Wissenschaftliche Beirat hat sich nach anfänglich losem Zusammenschluss von Tierschutzwissenschaftlern aus Gründen der Zertifizierungserfordernisse 1996 als Organisation mit Statut konstituiert, umfasst die für die tiergerechte Haltung von Nutztieren maßgeblichen fünf Personen im Bereich der einschlägigen Universitäten in Wien (der Autor ist Vorsitzender und Sprecher), hat in allen Belangen der Kontrollstelle Einsichtsrecht und legt ihr aus eigenem oder auf Antrag in ehrenamtlicher Arbeit Empfehlungen zur Umsetzung der ethologischen und verfahrenstechnischen Kenntnisse für eine tiergerechte Tierhaltung, deren Förderung und Verbreitung, sowie zur Lösung von Problemen vor.

Bei den KAT -Produkten sind nur die gesetzlichen Bestimmungen des geltenden Tierschutzrechtes und der EU-Vermarktungsnormen für alternative Eier einzuhalten. Für die Erzeugung der „tierschutzgeprüften" Ware hat die Kontrollstelle - den Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirates folgend - Listen von „Eckpfeilern" und die Einhaltung einer Mindestpunktezahl nach dem Tiergerechtheitsindex TGI 35 L (BARTUSSEK 1995) festgelegt. Dadurch wird ein Standard sichergestellt, der jedem kritischen Konsumenten im Sinne des Prinzips der „gläsernen Stalltür" unmittelbar und überzeugend vor Augen geführt werden kann. Bei der Bodenhaltung von Legehennen müssen mindestens 21 Punkte, für die Freilandhaltung mindestens 28 Punkte nach dem „TGI 35 L 1995 Legehennen" nachgewiesen werden. Alle Vertragsbetriebe werden jährlich mindestens ein mal (Einhaltung der Erzeugungs- und Haltungsrichtlinien), die 17 Packstellen viermal (Warenflusskontrolle durch Inspektion der Verwaltung, Buchhaltung und Packtechnik) und die im Laden angebotenen Eier mit der UV-Lampe nach dem Prinzip der repräsentativen Stichprobe auf Käfig-Abrollspuren kontrolliert. Das UV-Lampen- Verfahren gilt als ausgereift und bei richtiger Anwendung als zuverlässig (SACHT 1996). Bei Verletzung der Richtlinien können Konventionalstrafen verhängt werden, die je nach „Vergehenshöhe" zwischen 0,50 und 1,15 ATS (0,038 – 0,088 €) pro falsch deklariertem Ei liegen.

3 Marktumfang und Kontrollergebnisse

1999 wurden neben 15 Broiler-Vertragsbetriebe mit rund 35.000 Mastplätzen 1.097 Legehennenstallungen in 665 Lizenzbetrieben mit 1,203.903 Legehennen (davon rund 10 % in Biobetrieben) geprüft, von denen 587.896 „tierschutzgeprüfte" Eier, die übrigen 616.007 Hennen KAT-Ware erzeugten. In 744 Stallungen wurden TGI-Bewertungen vorgenommen (PREDL 2000b). Die Zahl der kontrollierten Tiere hat gegenüber 1998 um 6 %, gegenüber 1997 um 74 % zugenommen und steigt weiter. Die Jahresproduktion der gesamten alternativen Erzeugnisse stellt einen Umsatz von etwa ½ Milliarde ATS (38 Millionen €) dar. Das Ausmaß der Einhaltung der TGI-Bestimmungen liegt bei der Freilandhaltung höher als bei der Bodenhaltung: Von den 635 Freilandstallungen (1999) mit 462.652 Hennen erfüllten 605 (95 %) mit 426.648 (92 %) Tieren die Forderung nach mindestens 28 TGI-Punkten. Die restlichen lagen bei einer Bewertung zwischen 25 und < 28 TGI-Punkten und gelten als Übergangsbetriebe (Anpassung oder Ausscheiden bis Ende 2000). Die entsprechenden Werte in der Bodenhaltung waren 1999: 109 Stallungen mit 125.244 Hennen, davon ≥ 21 TGI-Punkte 78 (72 %) Einheiten mit 83.488 (66,6 %) der Hennen. Die übrigen Stallungen – ebenfalls Übergangsbetriebe - erzielten zwischen 17 und 20,5 Punkte, d.h. dass $^1/_3$ aller Bodenhaltungshennen in (noch) nicht entsprechenden Gebäuden und/oder Systemen gehalten wurden. 21 TGI-Punkte bedeuten einen hohen Tierschutzstandard in Haltungen ohne Auslauf: Nach BARTUSSEK (1995) kann eine Bodenhaltung unter Einhaltung nur der rechtlichen Mindesterfordernisse je nach Management-

und Hygienestandard zwischen 5,0 und 16,5 TGI-Punkte erzielen. Mit diesem Hinweis wird deutlich, dass die Tierschutzorganisationen als Träger der Kontrollstelle mit Recht wesentlich höhere Anforderungen an „tierschutzgeprüfte" Erzeugnisse stellen, als dies nur durch die gesetzlichen Vorschriften gewährleistet wäre (wie beim KAT-Zeichen). Dieser Sachverhalt konnte erfolgreich an die Lebensmittelketten vermittelt werden. Im Premiumsegment des Eiermarktes kann heute kein Qualitätsvermarkter auf die Marke „tierschutzgeprüft" mit einer TGI-Bewertung verzichten. Dieser Umstand bedeutet nicht nur einen Fortschritt im praktischen Tierschutz, sondern auch einen gewissen Schutz der inländischen, durchwegs eher kleinbäuerlichen Erzeuger vor billigerer Importware aus Großbetrieben.

1999 wurden mit der UV-Lampe 9.578 Stichproben bei 232.294 Eiern im Lebensmittelhandel auf unerlaubte Abrollspuren untersucht. Als Folge der Kontrollen in den vorausgegangenen Jahren gingen die Beanstandungen drastisch zurück: Typische Abrollspuren von Käfigböden wurden 1996 bei 1,79 %, 1997 bei 0,31 %, 1998 bei 0,24 % und 1999 nur mehr bei 0,13 % der stichprobenmäßig gezogenen Eier gefunden. Vor Ostern 2000 fand die Arbeiterkammer Wien (Konsumentenschutz) und bei anschließenden Testkäufen auch die Kontrollstelle wieder vermehrt Abrollspuren bei Alternativeiern im Lebensmittelhandel. Der für die Kontrollstelle und die österreichische Alternativeier-Wirtschaft entstandene Imageschaden wurde von der Kontrollstelle auf ATS 800.000 (61.200 €) geschätzt und dieser Betrag unter Androhung des Lizenzentzugs im Wiederholungsfall in Vertragsverletzungsverfahren von den betroffenen Packstellen eingefordert. Bei einzelnen Packstellen hat die Mengenflusskontrolle zu Ende 2000 auch Falschdeklarationen ans Licht gebracht (Bodenhaltungseier als Freilandeier, KAT-Ware als „tierschutzgeprüfte" Ware verpackt). Hierfür wurden Strafen in der Höhe zwischen 50.000 und 80.000 ATS (3.800 - 6.100 €) verhängt. Mit diesen dokumentierten Maßnahmen wird insgesamt eine hohes Vertrauensniveau in die „tierschutzgeprüfte" Erzeugung sichergestellt.

4 Öffentliche Investitionsförderung für besonders tiergerechte Stallungen

Häufig stellen die erforderlichen Investitionen in Stallum- oder neubauten bei der Umstellung eines Betriebes auf die „tierschutzgeprüfte" Erzeugung ein beträchtliches wirtschaftliches Hindernis dar. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft fördert solche Investitionen auf der Rechtsgrundlage der VO EG 1257/99 des Rates gemäß den „Sonderrichtlinien für die Umsetzung der 'sonstigen Maßnahmen' des Österreichischen Programms für die Entwicklung des ländlichen Raums" (Erlass Zahl 21.200/50-II/00 vom 27. Juli 2000, Abschnitt 2 „Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben"). Investitionen in „besonders tiergerechte" Haltungen werden nach diesen Richtlinien höher gefördert als solche in konventionelle Ställe (höhere Direktzuschüsse und zinsverbilligte Kredite), wobei das Ausmaß der Förderhöhe nicht nur vom Tierschutzstandard, sondern auch von regionalen Bewirtschaftungserschwernissen abhängt. Als Mindestbedingungen für „besonders tiergerechte" Stallungen schreibt die Richtlinie die Einhaltung der Empfehlungen des entsprechenden Merkblatts der BAL Gumpenstein (BARTUSSEK 1991) oder den Nachweis über die Erzielung von mindestens 21 Punkten nach dem Tiergerechtheitsindex TGI 35 L (BARTUSSEK 1995) vor. Im vorausgegangenen entsprechenden fünfjährigen Programm 1995 - 1999 wurden nach WATZINGER (2000) insgesamt 603 Fälle im Bereich Geflügelställe mit einem Gesamtinvestitionsvolumen von rund 5 Milliarden ATS (383 Millionen €) gefördert. Aus dem Titel „besonders tiergerecht" wurden bei diesen Förderfällen an öffentlichen Mitteln 40 Millionen ATS (3,1 Mill.€) an verlorenen Zuschüssen und 48 Millionen ATS (3,7 Mill.€) an Beiträgen zu verbilligten Krediten in Anspruch genommen.

5 Literatur

BARTUSSEK, H.: Gehobener Tiergerechtheitsstandard für die bäuerliche Nutztierhaltung. Arbeitsblatt Bauwesen, Nr. 3, BAL Gumpenstein, Irdning, 1991

BARTUSSEK, H.: Tiergerechtheitsindex TGI 35 L 1995 Legehennen. Veröffentlichungen Heft 25, BAL Gumpenstein, Irdning, 1995

HINGST, W. UND J. ORTNER: Die Biobibel. Uranus, Vienna, 1995

HUBMANN, A.: The Austrian Free-Range Industry. Vortrag am „Laying Hens Workshop" der Eurogroup for Animal Welfare, 29.-30.09.2000, Graz

PFINGSTNER, H.: Produktionskosten und Wettbewerb in der Rinderhaltung. Schriftenreihe Heft 72, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Vienna, 1993

PREDL, H.-H.: The Austrian Inspection Office. Vortrag am „Laying Hens Workshop" der Eurogroup for Animal Welfare, 29.-30.09.2000, Graz

PREDL, H.-H.: Kontrollbericht Alternativeierkontrolle, Jahresbericht 1999. Kontrollstelle für artgemäße Nutztierhaltung, Bruck/Mur, 2000, nicht veröffentlicht

SACHT, J.H.: Eier - alternativ erzeugt oder doch aus dem Käfig? Darstellung der Käfigringe und anderer Spuren an Hühnereiern. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung, 48, Heft 6, 1996, S 128-131

WATZINGER, M.: Persönliche Mitteilung aus dem BMLFUW, Förderungsstelle, 7.11.2000

ZITTMAYR, G.: Das Adoptionsverhalten des Lebensmittel-Einzelhandels - eine interpretative Auswertung gezeigt am Beispiel österreichischer Bioprodukte. Diplomarbeit, Institut für Agrarökonomik, Universität für Bodenkultur, Wien, 1996

„Animal-welfare-controlled" products: Organisation and extent of the market and public support in Austria

BARTUSSEK, HELMUT

Federal Research Institute for Agriculture in Alpine Regions Gumpenstein, A-8952 Irdning, Austria

There is an increasing demand for livestock products produced with consideration of animals' needs. Therefore, in 1995 four Austrian animal welfare organisations founded an inspection office to meet this specific demand. The development of this controlling body, its organisation, number of personnel involved and working methods as well as assessment tools used (Animal Needs Index ANI 35 L), the growing extent of the market, controlling results and penalties imposed for deceptions are described. Large marketing chains list those products. So far the „animal-welfare-controlled" market had to confine itself to broilers and eggs (lacking sufficient offer of other products). Public support for investments in adequate housing is given by subsidies and cheap loans on the basis of EU Reg. 1257/99. In 1999 1.097 stables for laying hens (housing 1.203.903 layers, i.e. 20 % of all laying hens in Austria) at 665 contracting farmers as well as 17 packing stations got controlled (product flow control). In 1999 number of animals involved in the programme increased by 6 % compared to 1998 and by 74 % compared to 1997. In 1999 production value amounted to 38 million €. Random sample testing of eggs in big retailers by ultraviolet light revealing prints of battery cage flooring grids reduced deception of consumers down to 0,13 % of samples in 1999 compared to 1,7 % in 1996.

Geruchsemissionen aus Güllelagerbehältern

HÜGLE, THOMAS UND HELGA ANDREE

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

1 Einleitung

Gülle wird vor allem im zeitigen Frühjahr und nach der Ernte ausgebracht. Der Gesetzgeber sowie das Entwicklungsstadium der Feldfrüchte geben dabei den zeitlichen und mengenmäßigen Rahmen vor. In landwirtschaftlichen Betrieben mit Nutztierhaltung muss deshalb ausreichend Güllelageraum vorhanden sein, um die Zeiten zu überbrücken, zu denen die Gülleausbringung nicht erfolgen kann bzw. darf.

Um die Güllenährstoffe möglichst nutzbringend zu verwerten, ist der Landwirt bestrebt, möglichst in den Monaten Januar bis April die über die Winterzeit angefallene Gülle auf seinen Nutzflächen auszubringen. Somit erfolgt der Eintritt in die wärmere Jahreszeit mit einem geringen Güllevolumen in dem Behälter. Es kommt dann bei starker Sonneneinstrahlung schnell zu einer Erwärmung der im Behälter lagernden Gülle. Die Folge ist eine verminderte Löslichkeit der in der Gülle vorhandenen geruchsaktiven Gasmoleküle, die durch Diffusion oder bei aufkommendem Wind in die Umgebung gelangen. Aufgrund der Molekülgröße sowie der geringen Austrittsgeschwindigkeit und Quellhöhe kommt es kaum zu einer Vermischung mit der Umgebungsluft. Auf der Leeseite des Behälters errichtete Wohnbebauungen können somit unter Umständen starken Geruchsbelästigungen ausgesetzt sein, die in Stärke und Konzentration so nicht auftreten dürfen.

2 Material und Methoden

In einem systematisch angelegten Versuch wurden mit dem Olfaktometer MANNEBECK TO 7 der Einfluss der Temperatur auf die Geruchsstoffkonzentration, die Geruchsintensität und die hedonische Wirkung der Gülle untersucht. Es wurden frische Gülleproben aus den Vorgruben eines Mastschweinestalles und eines Jungviehstalles gezogen und, um c.p. – Bedingungen zu erlangen, in einem Wasserbad auf definierte Temperaturniveaus von 10°, 20° und 30°C erwärmt. Dabei wurde die in Abbildung 1 dargestellte Vorgehensweise gewählt.

Zunächst erfolgt die Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration. Die Probenluft wird mit geruchsneutraler Luft in einem Verhältnis verdünnt, das in der Riechprobe eine unterschwellige Geruchsstoffkonzentration bedingt. Der Probenluft wird dann in logarithmisch ansteigender Konzentration Neutralluft zugemischt. Sie wird anschließend jeweils 4 Probanden angeboten. Der Proband signalisiert durch Knopfdruck am Olfaktometer, dass er gegenüber den zuvor angebotenen Geruchsprobe eine deutliche Veränderung feststellt. Die Verdünnungsstufe, bei der 50 % der Probanden eine Geruchsänderung feststellen, entspricht per definitionem dann der Konzentration der Geruchsstoffeinheiten in der Probenluft (Einheit: GE/m³). Um statistisch abgesicherte Ergebnisse zu erzielen, erfolgt die Messung in dreifacher Wiederholung.

Die anschließende Bestimmung der Geruchsintensität erfolgt mit wechselnden Geruchsstoffkonzentrationen im überschwelligen Geruchsbereich. Der Proband beurteilt die Intensität

seiner Geruchswahrnehmung für die einzeln dargebotenen Geruchsstoffkonzentrationen mit Hilfe einer siebenstelligen Skala. Er hat die Wahl, sie wie folgt zu charakterisieren: kein Geruch - 0, sehr schwach - 1, schwach - 2, deutlich - 3, stark - 4, sehr stark - 5 und extrem stark - 6. Es handelt sich demnach bei der Hedonik um eine qualitative Geruchsbeurteilung. Um ein objektives, statistisch abgesichertes Ergebnis zu erhalten, ist ein Panel mit acht Probanden notwendig.

Um die hedonische Geruchsempfindung festzustellen, werden die Geruchsproben, wie bei der Intensität, den Probanden überschwellig angeboten. Sie beurteilen mit Hilfe einer neunteiligen Skala, ob sie den Geruch als äußerst angenehm - 8, neutral - 4 oder äußerst unangenehm empfinden - 0. Die Probanden nehmen demnach auch bei der Hedonik eine subjektive Geruchsbeurteilung vor. Es ist daher ein Panel von 16 Probanden notwendig, um auch bei der Hedonik allgemein gültige Aussagen zu treffen.

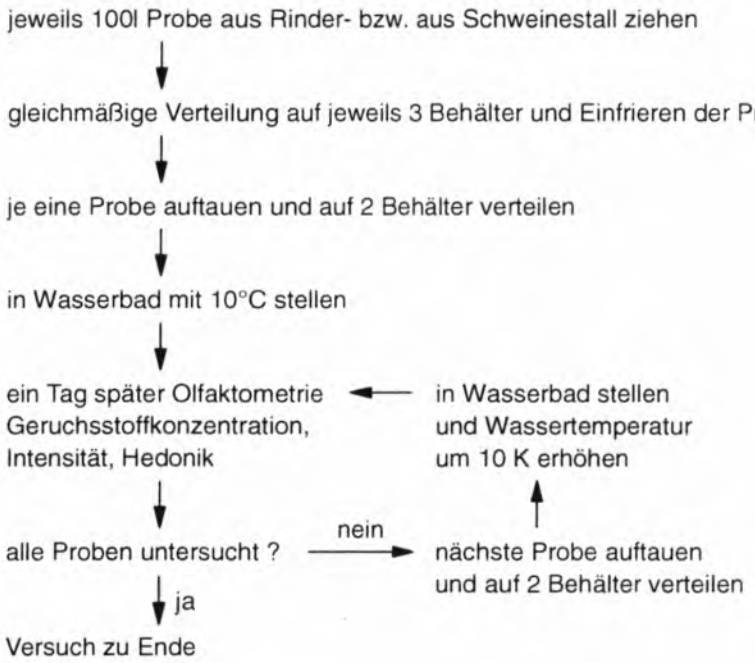


Abb. 1: Versuchsaufbau
Experimental design

3 Ergebnisse

3.1 Geruchsstoffkonzentration

Abbildung 2 fasst die Messungen der Geruchstoffkonzentrationen von frischer Schweine- und Rindergülle zusammen. Sie zeigt deutlich den Temperatureinfluss. Bei kühlen Temperaturen (10 °C) liegen die Geruchstoffkonzentrationen bei Schwein und Rind deutlich unter denjenigen der Stallabluft in den Wintermonaten. Wird die Geruchstoffkonzentration jedoch über der 20 °C bzw. 30 °C warmen Gülle ermittelt, dann übersteigt sie diejenige der Stallabluft im Sommer bis zum 10fachen. Es besteht eine deutliche Abhängigkeit zwischen Geruchstoffkonzentration und Gülletemperatur.

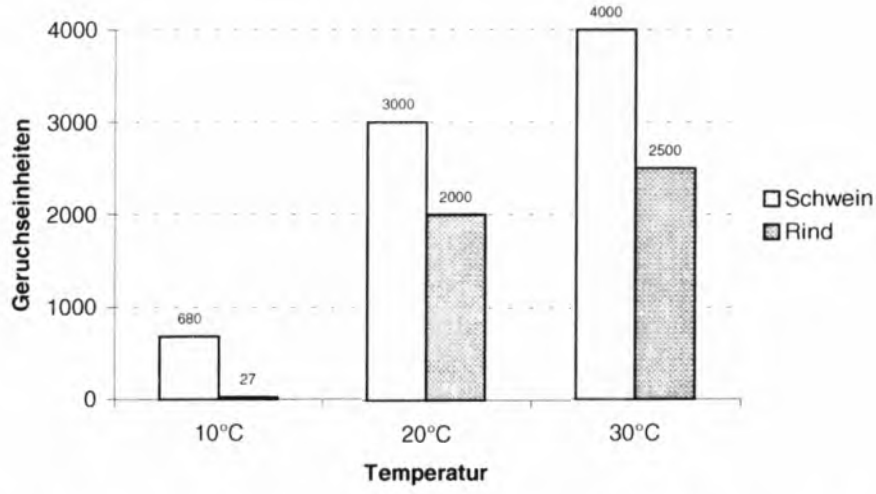


Abb. 2: Einfluss der Temperatur auf die Geruchstoffkonzentration
Influence of temperature on odour concentration

3.2 Intensität

10 °C kalte Rindergülle wird bereits bei sehr geringer Geruchsstoffkonzentration intensiv wahrgenommen. 20 °C und 30 °C warme Rindergülle muss hingegen in deutlich höherer Konzentration vorliegen, um von den Probanden ähnlich deutlich wahrgenommen zu werden.

Bei der Schweinegülle spielt dagegen die Temperatur bei der Intensität der Geruchswahrnehmung kaum eine Rolle. Unabhängig davon, ob die Riechprobe über der 10 °C, 20 °C oder 30 °C warmen Gülleprobe gezogen wurde, hat das Panel zum einen für alle Proben einen annähernd linearen Anstieg der Intensität mit zunehmender Geruchstoffkonzentration bei der Geruchswahrnehmung angegeben. Es hat außerdem bei den verschiedenen Konzentrationen die Riechproben fast identisch beurteilt. Das Ergebnis zeigt Abbildung 3.

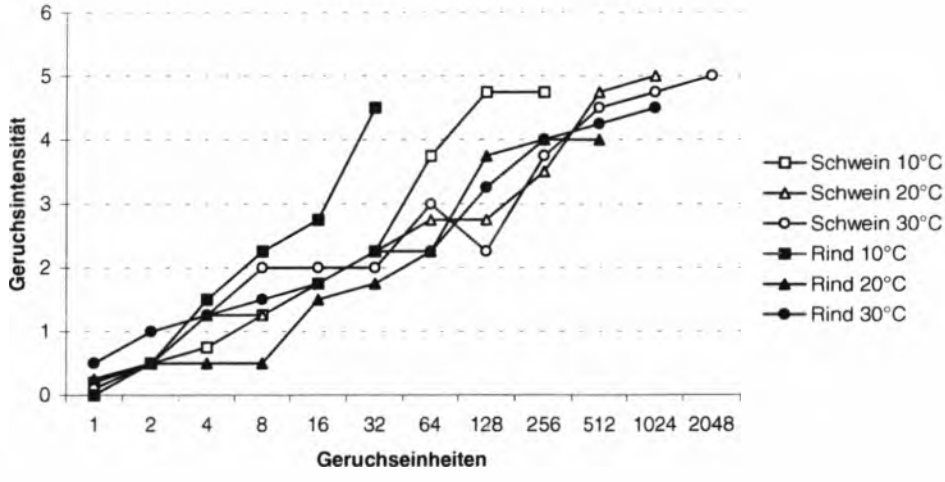


Abb. 3: Intensität der Geruchswahrnehmung bei Rinder- und Schweinegülle
Intensity of odour perception from cattle and pig slurry

3.3 Hedonik

Bei der Hedonik ergibt sich für die Rinder- und Schweinegülle ein ähnliches Bild. Die über der 10 °C kalten Gülle gezogenen Proben werden schon bei sehr geringen Geruchstoffkonzentrationen als relativ unangenehm empfunden. Den Geruch der über den 20 °C und 30 °C warmen Rindergüllen gezogenen Proben empfanden die Probanden hingegen selbst bei Konzentrationen von 128 GE/m³ bzw. 256 GE/m³ in der Regel als nicht unangenehm. Ähnlich unangenehme Empfindungen wie bei der kalten Gülle hatten sie erst bei den mit 32 bzw. 128fach höherer Geruchstoffkonzentration dargebotenen Riechproben.

Die Hedonik von Schweinegülle zeigt ein vollkommen anderes Bild. Ihr Geruch wird allgemein mit ansteigender Konzentration als zunehmend unangenehm empfunden. Die 10 °C Probe unterscheidet sich dabei lediglich dadurch von den beiden anderen Varianten, dass die gleiche Geruchsempfinden bereits bei einer um ein Viertel geringeren Geruchstoffkonzentration eintritt. Allgemein ist festzustellen und wie auch in Abbildung 4 deutlich zu erkennen, dass Schweinegülle immer einen unangenehmeren Geruch verbreitet als Rindergülle.

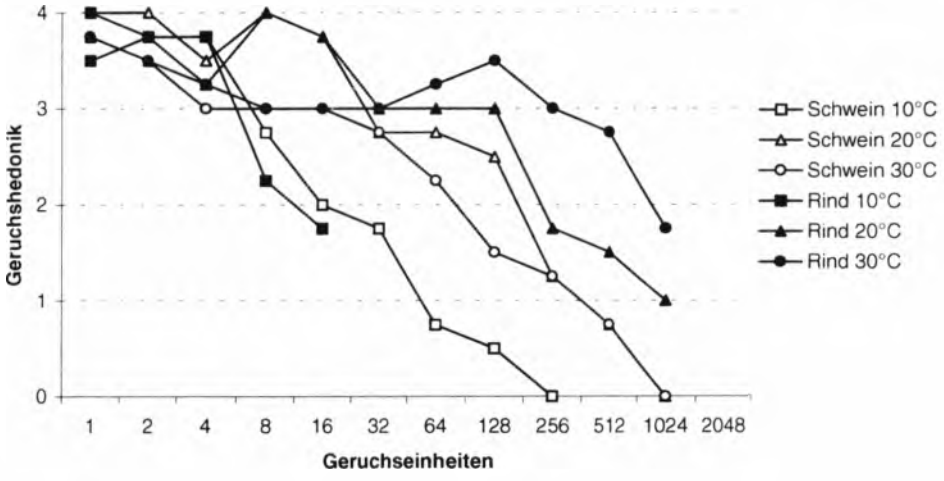


Abb. 4: Hedonische Wirkung der Rinder- und Schweinegülle
Hedonic effect of cattle and pig slurry

Odour emissions from slurry stores

HÜGLE, THOMAS AND HELGA ANDREE

Institute for Agricultural Engineering, University of Kiel, 24098 Kiel, Germany

Warming up of liquid manure generally leads to an increased odourous material release. It is shown that obviously at low temperatures gaseous molecules emit, which are already perceived clearly respectively intensively at small concentrations. Also the smell of cold cattle slurry (10 °C) is already felt unpleasant at minor odourous material concentrations. At temperatures above 20 °C the smell of cattle slurry becomes smoother. To reach a similar odourous intension higher odourous material concentrations are neccessary. The odourous intensity of pig slurry is not influenced by temperature. Generally pig slurry is perceived worse than cattle slurry.

Wirkung der Einstreu auf umwelt- und klimarelevante Emissionen aus einem Tretmiststall für Mastbullen

AMON, BARBARA[1], THOMAS AMON[1], JOSEF BOXBERGER[1] UND ALFRED PÖLLINGER[2]

[1] Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik (ILUET), Universität für Bodenkultur, Nußdorfer Lände 29-31, A-1190 Wien
[2] Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, A-8952 Irdning

1 Einleitung

Der Tretmiststall für Mastbullen ist ein sehr tierfreundliches Haltungssystem. Tierhaltung muss jedoch sowohl unter dem Gesichtspunkt der Artgerechtheit als auch unter dem der Umweltfreundlichkeit bewertet werden. Das hier vorgestellte Forschungsprojekt hatte das Ziel, umwelt- und klimarelevante Emissionen aus einem Tretmiststall für Mastbullen zu quantifizieren und die Wirkung der Einstreumenge auf den Umfang der Emissionen zu ermitteln.

2 Material und Methode

Die Messungen wurden an einem Tretmiststall für 20 Mastbullen der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein durchgeführt. Es handelte sich um einem zwangsbelüfteten Stall, bei dem Luftwechselrate und Gaskonzentration im Abluftkamin bestimmt werden konnten. NH_3, N_2O und CH_4-Konzentrationen in der Zuluft und in der Abluft wurden mittels eines hochauflösenden FTIR-Spektrometers gemessen. Die Messungen wurden mehrmals im Jahresverlauf wiederholt, um den Einfluss der Jahreszeit auf den Umfang der Emissionen berücksichtigen zu können.

Bei jedem Versuchsdurchgang wurden 14 bis 20 Tage lang Emissionen bei hoher Einstreumenge (5,0 kg/(GV*d)) gemessen. Anschließend wurde die Einstreumenge auf 2,5 kg/(GV*d) reduziert. Nach etwa 14 Tagen Adaptationszeit wurden wiederum 14 bis 20 Tage lang Emissionen gemessen, diesmal bei niedriger Einstreumenge.

Da die Mastbullen in einen Fütterungsversuch eingebunden waren, waren exakte Daten zum Lebendmassezuwachs, zum Lebendgewicht, zur Futteraufnahme und zur Futterzusammensetzung bekannt. Daraus konnte der Anteil der Methanemissionen errechnet werden, welcher auf die Verdauung der Tiere zurückzuführen ist (KIRCHGESSNER ET AL. 1991). Die Differenz zu den in Summe gemessenen Methanemissionen ist durch das Stallsystem verursacht.

Der Mistgang des Tretmiststalles wurde einmal täglich entmistet. Um auch die Emissionen während der Lagerung des frischen Festmistes in die Emissionsbilanz mit einbeziehen zu können, wurde dieser nach der Entmistung aus dem Stall direkt in den großen mobilen Emissionsmessraum des ILUET gebracht (AMON ET AL. 1996). Dort wurden für weitere zwei Wochen die Emissionen während der Lagerung des frischen Festmistes gemessen.

3 Ergebnisse

Im Mittel aller im Jahresverlauf durchgeführten Versuche betrugen die Methanemissionen aus dem Stall bei hoher Einstreumenge 194,4 g CH_4/(GV*d) und bei niedriger Einstreumenge 168,0 g CH_4/(GV*d). Die Methanemissionen waren nahezu ausschließlich auf die Verdauung der Mastbullen zurückzuführen. Der im Stall lagernde Festmist emittierte kaum Methan. Die Unterschiede in den Methanemissionen zwischen hoher und niedriger Einstreumenge sind auf eine leicht veränderte Futterzusammensetzung und Futteraufnahme in den einzelnen Versuchsdurchgängen zurückzuführen und nicht auf die Veränderung der Einstreumenge.

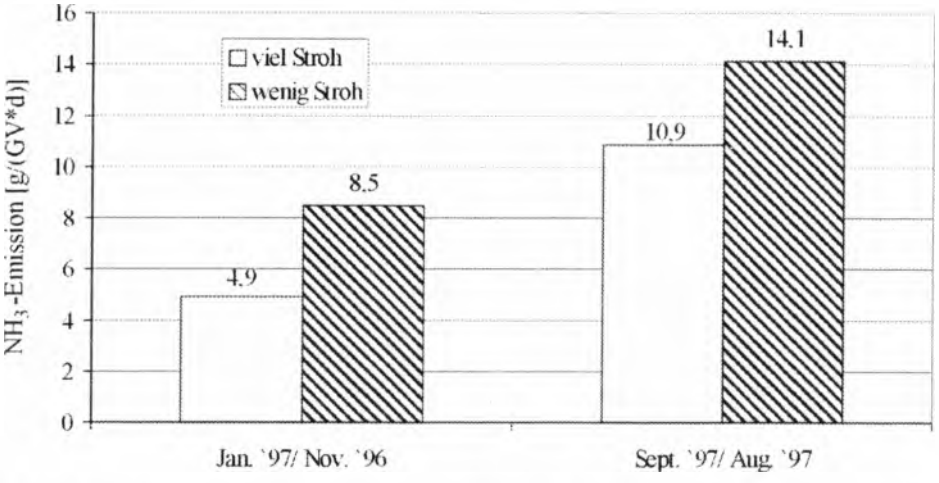


Abb. 1: Ammoniakemissionen aus einem Tretmiststall für Mastbullen bei hoher und niedriger Einstreumenge
Ammonia emissions from a sloped floor house for fattening bulls with high and small amount of litter

Bei den Ammoniakemissionen zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Einstreumenge auf den Umfang der Emissionen (Abb. 1). Sowohl unter winterlich kalten als auch unter sommerlich warmen Bedingungen führte die Erhöhung der Einstreumenge zu einer deutlichen Reduktion der Ammoniakemissionen im Stall. Im Mittel aller Versuche wurden bei hoher Einstreumenge 8,9 g NH_3/(GV*d) emittiert. Bei niedriger Einstreumenge belief sich die Emission auf 12,0 g NH_3/(GV*d). Durch Zugabe von mehr Stroh konnten somit die Ammoniakemissionen um fast ein Drittel gesenkt werden. Gleichzeitig war die Liegefläche der Tiere trockener und die Mastbullen waren weniger verschmutzt. Beide Faktoren sind für eine artgerechte Tierhaltung sehr wichtig.

Bei den N_2O-Emissionen zeigte sich im Stall ein anderes Bild als bei den NH_3-Emissionen. Bei hoher Einstreumenge wurden N_2O-Emissionen von 144 mg/(GV*d) gemessen. Bei niedriger Einstreumenge lagen die N_2O-Emissionen mit 88,8 mg /(GV*d) deutlich niedriger.

Wie in Kapitel 2 geschildert, wurde der Festmist nach der Entmistung aus dem Stall sofort in den großen mobilen Emissionsmessraum des ILUET gebracht und dort die Emissionen während der Lagerung des frischen Mistes gemessen. Hier zeigte sich ein umgekehrtes Bild: Die N_2O-Emissionen aus dem einstreuarmen Mist waren erheblich höher als aus dem strohreichen Mist. Addiert man die Emissionen aus Stall und Lagerung, so ergibt sich das in Abbildung 2 dargestellte Bild.

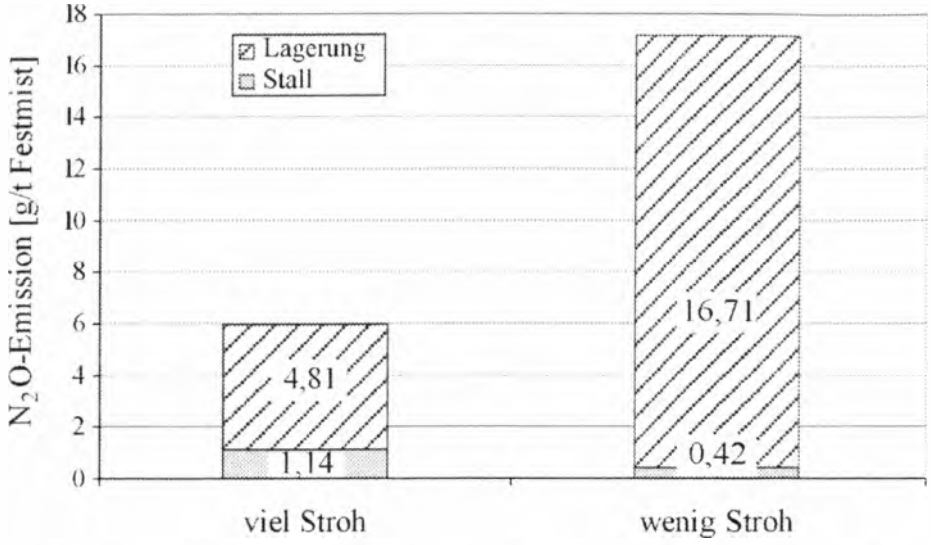


Abb. 2: N_2O-Emissionen aus einem Tretmiststall für Mastbullen bei hoher und niedriger Einstreumenge: Stall und Lagerung des frischen Mistes
N_2O emissions from a sloped floor house for fattening bulls with high and small amount of litter: house and storage of fresh manure

Tabelle 1 zeigt zusammenfassend NH_3-, N_2O- und CH_4-Emissionen aus dem Stall und während der Lagerung des frischen Festmistes bei viel und wenig Einstreu. Es sind lediglich die Emissionen angeführt, die aus dem Festmist stammen. Da die im Stall gemessenen CH_4-Emissionen nahezu ausschließlich auf die Verdauung der Mastbullen zurückzuführen waren, ist hier kein Wert angegeben.

Tab. 1: Vergleich der NH_3-, N_2O- und CH_4-Emissionen aus einem Tretmiststall für Mastbullen und während der anschließenden Lagerung des frischen Mistes bei wenig und viel Einstreu
NH_3, N_2O and CH_4 emissions from a sloped floor house for fattening bulls with high and small amount of litter: house and storage of fresh manure

Variante	NH_3		N_2O		CH_4	
	[g/t]	[%]	[g/t]	[%]	[g/t]	[%]
wenig Stroh						
Stall	211,8	76,9	0,42	2,5	---	---
Lagerung	63,8	23,1	16,71	97,5	320,9	100
Summe	275,6	100	17,13	100	320,9	100
viel Stroh						
Stall	123,0	55,4	1,14	19,2	---	---
Lagerung	99,2	44,6	4,81	80,8	241,0	100
Summe	222,2	100	5,95	100	241,0	100

Die Summe an Emissionen aus Stall und Lagerung war bei allen drei Gaskomponenten bei hoher Einstreumenge geringer als bei niedriger Einstreumenge. Bei den N_2O-Emissionen wurden bei geringer Einstreumenge nur 2,5 % der in Summe gemessenen Emissionen bereits im Stall frei, 97,5 % emittierten während der Lagerung des frischen Festmistes. Bei hoher

Einstreumenge hingegen trugen die Emissionen aus dem Stall mit 19,2 % zu den Gesamtemissionen bei, die in Summe etwa 2,9 mal geringer waren als bei niedriger Einstreumenge.

Auch die Methanemissionen während der Lagerung des frischen Mistes konnten durch Erhöhung der Einstreumenge im Stall gesenkt werden. Dies ist auf eine bessere Durchlüftung des Haufwerkes zurückzuführen.

Es zeigte sich, das die Erhöhung der Einstreumenge von 2,5 auf 5,0 kg/(GV*d) eine kostengünstige und wirksame Massnahme zur Senkung der Emissionen im Stall und während der Festmistlagerung ist.

Die Messungen unterstreichen, wie essentiell die Betrachtung gesamter Verfahrensketten ist, wenn die Umweltverträglichkeit von Haltungssystemen beurteilt werden soll. Die Betrachtung von Teilbereichen hätte zu anderen Schlussfolgerungen geführt.

4 Literatur

AMON, B., T. AMON, J. BOXBERGER, A. PÖLLINGER UND A.ZAUSSINGER: Entwicklung einer Messeinrichtung zur Erfassung umweltrelevanter Gasemissionen. Die Bodenkultur 47, 1996, H. 4, S. 247-253

KIRCHGESSNER, M., M. WINDISCH, H.L. MÜLLER UND M. KREUZER: Release of methane and of carbon dioxide by dairy cattle. Agribiological Research 44, 1991, S. 91-102

Ammonia and greenhouse gas emissions from a sloped floor house for fattening bulls and influence of amount of litter

AMON, BARBARA[1], THOMAS AMON[1], JOSEF BOXBERGER[1] AND ALFRED PÖLLINGER[2]

[1] Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik (ILUET), Universität für Bodenkultur, Nußdorfer Lände 29-31, A-1190 Wien

[2] Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, A-8952 Irdning

Emissions of NH_3, N_2O and CH_4 were measured from a sloped floor house for fattening bulls. The house was force-ventilated. Gas concentrations were measured by high resolution FTIR spectroscopy. Measurements were repeated several times in course of a year. It was investigated if emissions could be reduced by using more straw in the house. Emissions from the fattening bull house were 8.9 g NH_3 $LU^{-1}d^{-1}$, 144.0 mg N_2O $LU^{-1}d^{-1}$, and 194.4 g CH_4 $LU^{-1}d^{-1}$with 5.0 kg straw $LU^{-1}d^{-1}$ being littered down. When the amount of straw was reduced to 2.5 kg $LU^{-1}d^{-1}$, emissions amounted to 12.0 g NH_3 $LU^{-1}d^{-1}$, 88.8 mg N_2O $LU^{-1}d^{-1}$, and 168.0 g CH_4 $LU^{-1}d^{-1}$. During 10-day-storage of fresh manure, N_2O and CH_4 emissions from farmyard manure that contained only little straw were higher than from FYM that contained more straw. Net emissions from the animal house and from FYM storage were lower when more straw was used (222.2 vs. 275.6 g NH_3 (t FYM)$^{-1}$, 5.95 vs. 17.13 g N_2O (t FYM)$^{-1}$, 241 vs. 321 g CH_4 (t FYM)$^{-1}$).

Das Projekt wurde vom Österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft gefördert. Der Endbericht ist bei den Autoren erhältlich.

Energieaufwand, Ammoniakemission und Funktion von Umspülverfahren (Slalomsystem) in der Milchviehhaltung

PÖLLINGER, ALFRED UND ANTON HAUSLEITNER

Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A 8952 Irdning, Österreich

1 Einleitung

Die Güllelagerung unter dem Stall wird bereits seit vielen Jahren in einigen Ländern Mitteleuropas in der Praxis forciert (WENZLAFF 1979). Die anfänglichen Probleme mit hohen Schadgasbelastungen (Ammoniak, Schwefelwasserstoff) im Stall während des Aufrührens zur einmaligen Güllehomogenisierung konnten mit dem Umspülverfahren, bei dem die Gülle periodisch umgespült wird, wesentlich verringert werden (KNUFF 1986; PÖLLINGER ET AL. 1999). In Österreich fand diese Art der Güllelagerung aufgrund möglicher geringerer Baukosten (BREININGER 1998), die Kanäle werden tiefer gesetzt und man spart einen Außenlagerbehälter, in den letzten fünf bis sechs Jahren stärkere Verbreitung. Nach wie vor werden jedoch Fragen hinsichtlich baulicher Ausführung, der angepassten Motorleistung, des richtigen Betriebsmanagements und einer eventuellen Gefährdung durch austretende Schadgase gestellt (PÖLLINGER ET AL. 1999).

2 Problem und Aufgabenstellung

Während der Lagerung von Gülle kommt es relativ rasch zur Bildung von Schwimmdecken bei Rindergülle und Sinkschichten bei Schweinegülle. Mit Hilfe des Umspülverfahrens wird die Gülle in unterschiedlichen Intervallen homogenisiert bzw. in den Kanälen bewegt. Die Herstellerfirmen von Rührgeräten empfehlen für elektrische Rührmixer täglich kurze Rührintervalle von 5 bis 10 (20) Minuten oder wöchentliche bis 14-tägige Rührintervalle, wenn der Rührmixer von einem Traktor angetrieben wird. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Optimierung dieser Rührintervalle liegen nicht vor. Von den Herstellerfirmen diverser Rühraggregate werden auch Betonpläne für die Errichtung der Lagerräume gezeichnet, damit sollen grobe Planungsfehler ausgeschlossen werden. In der Praxis entstehen jedoch immer wieder Planungen, die von der optimalen Ausführung eines derartigen Entmistungssystems abweichen (Pumpensumpf, Kanalbreiten, -längen) und die im praktischen Betrieb Probleme schaffen.

Aufgrund dieser vielen immer wieder auftretenden Fragen aus der Beratung und der Praxis wurde an der BAL Gumpenstein eine Felduntersuchung an zwei Anlagen mit einer Variation der Rührintervalle und eine Umfrage mittels Fragebogen durchgeführt.

3 Material und Methoden

Auf zwei Milchviehbetrieben wurde im März 1999 eine Reihe von Untersuchungen am Umspülverfahren durchgeführt. Es wurde das Betriebsmanagement im Stall festgehalten, das Kanalsystem, die technischen Daten, die Aufnahmeleistung und das Einschaltintervall des Mixers erhoben, an der Gülle die Nährstoffzusammensetzung, die Ausfließgeschwindigkeit und die

Temperatur und im Stall die Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentration in der Stallluft zu unterschiedlichen Betriebszeitpunkten und bei unterschiedlichen Rührintervallen gemessen.

Die *Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentration* der Stallluft wurde mit einem mobilen Multiwarn II Gerät der Firma Dräger gemessen. Für die CO_2 Bestimmung wurden Infrarotsensoren verwendet, und für die Ammoniakmessung elektrochemische Sensoren. Es wurde vor, während und ca. 15 Minuten nach beendetem Rühren jeweils 30 cm unter, 10 cm und 100 cm über dem Spaltenboden gemessen. Die *Einschaltintervalle* wurden am Betrieb A von täglichem Mixen 10 Minuten lang und Antrieb mittels E-Motor auf 14-tägiges Mixen, Antrieb mittels Traktor (ein Messdurchgang) reduziert. Am Betrieb B wurde nur von täglichem Rühren mit 10 Minuten Einschaltdauer auf 30 Minuten Rühren alle drei Tage mit drei Messdurchgängen umgestellt. Der *Leistungsbedarf an der Zapfwelle* wurde mit einem Drehmontaufnehmer gemessen.

Am Betrieb A wurden 20 Milchkühe (0,2 kg Stroh/GVE.d), 7 Kalbinnen und 6 Jungtiere während der Messperiode auf dem Slalomsystem gehalten (37,3 GVE). Die Jungtiere und Kalbinnen wurden in Tretmistbuchten (8,2 GVE und 1 kg Stroh/GVE.d) gehalten. Der Festmist gelangte unmittelbar vor dem Güllemixer in das Kanalsystem. Der Milchleistungsdurchschnitt liegt bei 4900 kg Jahresmilchmenge. Das Slalomsystem besteht aus unterschiedlich breiten Kanälen mit einer Gesamtlänge von 127 m Länge und einer gleichbleibenden Tiefe von 200 cm ab Spaltenunterkante und einem Güllelagervolumen von 450 m³.

Der Betrieb B ist ebenfalls ein Milchviehbetrieb mit 15 Brown Swiss Kühen (0,25 kg gemahlenem Stroh pro GVE.d) und 5 Kalbinnen auf Spaltenboden und 6400 kg Stalldurchschnitt. Der Einstreubedarf liegt bei. Die Kanaltiefe beträgt 150 cm bis zur Spaltenbodenunterkante und die Kanalbreiten variieren zwischen 200 und 280 cm. Im Bereich des Güllemixers ist der Kanal um 40 cm tiefer gesetzt und steigt nach dem Mixer mit 30° Neigung auf das Niveau der anderen Kanäle an. Insgesamt ergibt sich ein Güllelagerraum von 400 m³ brutto.

In Österreich konnten 17 Rinderbetriebe mit Slalomsystem mittels Fragebogen erfasst werden. Erhoben wurden Daten zum Tierbestand, der Fütterung, der technischen und baulichen Ausführung und zu Problemen und dem Management mit diesem System.

4 Ergebnisse

Je nach Drehzahl konnte der Leistungsbedarf an der Zapfwelle (Steyr 8080a; Motorleistung 51 kW, Wegzapfwelle) von 14,2 kW bei 457 U/min auf 45,9 kW gesteigert werden. Im Drückverfahren braucht der Mixer etwas mehr Kraft als im Saugverfahren. Mit der richtigen Schaltkombination kann eine hohe Leistung erbracht werden, dabei ist eine max. Drehzahl wichtig.

Die Stromaufnahme im E-Betrieb erfolgte ebenfalls jeweils bei beinahe höchstem Füllstand in den Güllekellern. Am Betrieb A wurde beim Saugen mit 17,3 kW um rund zwei Kilowatt weniger Leistung im Vergleich zum Betriebszustand Drücken mit 19,1 kW benötigt. Eine energiebezogene Optimierung des Systems ist nur mit der Wahl des Rührgerätes möglich.

Eine maximale Ammoniakkonzentration von 53 ppm wurde am Betrieb B unterhalb des Spaltenbodens nach beendetem Rühren festgestellt (*Tabelle 1*). Am Betrieb A wurde während des Rührens in einer Höhe von 10 cm oberhalb des Spaltenbodens mit 26 ppm die höchste Konzentration gemessen. Im Mittel liegen alle Werte unter oder nur knapp über 10 ppm. Bei regelmäßigem Betrieb eines Umspülverfahrens kann es zwar punktuell zu hohen Ammoniakkonzentrationen kommen, diese Gefahr kann aber nur in unmittelbarer Spaltenbodennähe bei wenig gelüfteten Rinderställen auftreten.

Tab. 1: Ammoniakkonzentrationen in ppm in der Stallluft am Betrieb A und B
Ammonia-concentration in ppm in the air of the cattle house from farm A and B

Betriebszustand/Messpunkt	Mittelwert A / B	Minimum A/B	Maximum A/B
20 cm unterhalb des Spaltenbodens	6,1 / 9,5	3,0 / 3,0	11,0 / 53,0
10 cm oberhalb des Spaltenbodens	7,1 / 9,3	0,0 / 2,0	26,0 / 31,0
100 cm oberhalb des Spaltenbodens	6,6 / 8,4	0,0 / 0,0	18,0 / 23,0
Vor dem Mixen	3,7 / 6,2	0,0 / 2,0	13,0 / 15,0
Während des Mixens	8,7 / 10,1	3,0 / 0,0	26,0 / 31,0
Nach dem Mixen	6,7 / 11,1	5,0 / 0,0	9,0 / 53,0

13 von 17 den befragten Betrieben halten Milchkühe und 4 Mutterkühe auf einem Slalomsystem. Der Anschlusswert der Rührgeräte liegt im Durchschnitt bei 14 kW (7,4 bis 18,0 kW). Die Einschaltdauer liegt im Mittel bei 13 Minuten täglich (4 bis 30). Der Traktormixer wird alle 14 Tage in Betrieb genommen. Es besteht kein direkter Zusammenhang zwischen der Verwendung von Traktormixer oder E-Mixer und Grubenraumgröße. 9 von 15 Betrieben geben an Schwimmdecken- oder Stockbildung im Kanalsystem zu haben, in der Regel nach der völligen Entleerung, da erst nach 3 bis 4 Wochen oder noch später wieder mit dem Umspülen begonnen wird und auf das Ende, wenn die Flüssigkeit (Schwimmdecke) bereits an den Querträgern ansteht. Die durchschnittliche Güllekellergröße wird mit 442 m³ angegeben (200 bis 800 m³). Von den 17 Befragten gaben 10 an, den Mixerbereich tiefer gesetzt zu haben, im Mittel um knapp 40 cm (Minimum=30 cm; Maximum=50 cm). Ein Zusammenhang zu Problemen mit Schwimmdeckenbildung kann aus der Umfrage nicht abgeleitet werden, obwohl von neun Antworten, bezüglich der Ursachen der Schwimmdeckenbildung, sechs Betreiber lange Stehzeiten dafür angaben.

5 Zusammenfassung

Auf zwei Praxisbetrieben wurde das Umspülverfahren hinsichtlich der baulichen, technischen, organisatorischen Rahmenbedingungen analysiert und die Ammoniakkonzentrationen der Stallluft zu unterschiedlichen Betriebszeitpunkten erhoben. 17 weitere Betriebe wurden zu baulichen, technischen und organisatorischen Voraussetzungen am Betrieb befragt.

Die Ammoniakkonzentrationen in der Stallluft erreichten nur punktuell hohe Konzentrationen. 30 cm unterhalb der Spaltenbodenoberkante, 15 Minuten nach dem Umspülen wurde mit 53 ppm die höchste je gemessene Konzentration festgestellt. Im Mittel wurde der Wert von 10 ppm in nur zwei Fällen knapp überschritten. Eine unmittelbare Gefahr durch hohe Ammoniakkonzentrationen in der Stallluft kann bei gut gelüfteten Rinderställen und regelmäßigem Umspülen der Gülle ausgeschlossen werden. Der spezifische Anschlusswert sollte zwischen 20 und 50 Watt pro m³ Gülle liegen. Bei großen Güllekellern, ab 400 m³ sollte der Mixer aus Sicherheitsgründen mit Zapfwellendurchtrieb ausgerüstet sein. Um den energetischen Aufwand für das Umspülverfahren so gering wie möglich zu halten, sind regelmäßige (täglich bis 3x/Woche) kurze (max. 30 Min) Rührintervalle zu empfehlen. Bei Traktorantrieb sollte wenigstens alle 14 Tage umgespült werden. Der Mixerbereich muss um rund 40 cm tiefer gesetzt werden, anderenfalls ergeben sich daraus lange Stehzeiten (> 1Monat) und damit die Gefahr massiver Schwimmdeckenbildung. Umspülverfahren funktionieren bei regelmäßigem Betrieb,

mit etwas verdünnter Gülle ohne Gefährdung von Tier und Mensch bei guter Stalllüftung. Schwimmdecken werden am besten bei geringerem Füllstand und mit Wasserzusatz aufgelöst und der Lagerraum wird am besten mit tiefer gesetztem Güllesumpf genutzt. Mit einer angepassten Motorleistung und einem kurzen Einschaltintervall mit kurzen Betriebszeiten kann der Stromverbrauch gering gehalten werden.

6 Literatur

BREINIGER, W.: In den Keller mit der Gülle. AgroBonus, 1998, H. 12, S. 16-19

KNUFF, B.: Funktionssicherheit neuerer Flüssigmistsysteme. Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft, 1986, H. 10

PÖLLINGER, F. SCHUPFER UND J. ZAINER: Die Entmistung mittels Slalomsystem in der Rinderhaltung. Gumpensteiner Bautagung 1999: Akutelle Fragen des landwirtschaftlichen Bauens". Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning

WENZLAFF, R.: Funktionsfähigkeit von Flüssigdungsystemen. Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft, 1979, H. 2

Energy consumption, ammonia emissions and function of slurry circulation systems (Slalomsystem) in cattle houses

PÖLLINGER, ALFRED AND ANTON HAUSLEITNER

Federal Research Instutute for Agriculture in Alpine Regions, BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning

In two dairy houses with slurry circulation system- and storage tanks beneath slatted flooring and cubicles (slalom systems) concentrations of gaseous ammonia in the stable air were measured while slurry was mixed and moved through the channels of the system. 17 other farms with this system were investigated by questionnaires. NH_3-concentrations reached higher levels only at some few locations within the range of cattle and stockman. The highest concentration (53 ppm) was measured 30 cm beneath the surface of the slatted floor 15 minutes after the end of mixing. Only in two cases mean concentrations were higher then 10 ppm (table 1 and 2). The farmers usually use electric mixers with power inputs of 20 to 50 W/m^3 slurry. In big slurry capacity systems (>400 m^3) one should use mixers which also could be driven by a tractor. For both, low NH_3-emission rates and low energy consumption it seems advisable to circulate the slurry frequently (3-7 times/week and max. 30 minutes), by tractor every 14 days at least. The mixing pit has to be at least 40 cm deeper than the other slurry channels to keep time intervals as short as possible in which the slurry can not be moved (to prevent segregation of slurry and the formation of thick slurry layers). Thick covering slurry layers can be avoided more easily if water is added before starting the system. As a result of the findings slalom systems can be assessed as not to be of any danger for humans and animals if the cattle houses are ventilated well during movement of slurry, slurry is circulated frequently with rather short intervals and short-time mixing periods.

Güllehandhabung auf Knopfdruck - Drehkolbenpumpen als zentrale Pumpstationen für Hof und Feld

VERHÜLSDONK, BURKHARD[1] UND WOLFGANG JAKOB[2]

[1] Hugo Vogelsang, Maschinenbau GmbH, 49632 Essen/Oldb.
[2] Hugo Vogelsang, Niederlassung, 06295 Rothenschirmbach

In Aufzucht- und Mastbetrieben fallen jährlich große Mengen Flüssigmist an. Gefragt sind arbeitssparende Methoden für deren Recycling.

- Zentrale Pumpenanlagen mit Drehkolbenpumpen erleichtern die Güllehandhabung auf dem Hof und sorgen zusammen mit saugseitig integrierter Grobstoffzerkleinerungstechnik für homogene Gülle mit verbesserter Fließfähigkeit als Voraussetzung für umweltverträgliches Verteilen auf dem Feld.
- Drehkolbenpumpen in Biogasanlagen vereinfachen die Zumischung von Kofermenten, verbessern als *BioCut*-System durch Zerkleinern der Kofermente die Vergärung und sorgen für das dosierte Zugeben des Biosubstrats in den Biogasreaktor.
- Am Güllefass befüllen Drehkolbenpumpen den Tank schnell und vollständig und beschicken gleichmäßig und dosiert die bodennah arbeitenden Schleppschlauch- und Injektionsverteiler.

Deshalb sind Drehkolbenpumpen in Kombination mit Grobstoffzerkleinerern wichtige Prozesskomponenten beim Recycling von Naturdünger zurück in den Nahrungsmittelkreislauf.

Drehkolbenpumpen für zentrale Stallpumpwerke

Seit dem Ausbringzeitpunkt und Menge restriktiv geregelt sind, wird Flüssigmist zentral gelagert. Selbstansaugende Drehkolbenpumpen können die Gülle aus mehreren separaten Vorgruben absaugen und einem zentralen Lagerbehälter zuführen. Je nach gewünschtem Grad der Rationalisierung werden Pumpenanlagen mit Schlepper- oder Elektroantrieb eingesetzt.

In den großen Milchviehanlagen Ostdeutschlands müssen Pumpenanlagen Gülle mit einem TS-Gehalt von 9-12 % bewältigen (Abb. 1). Aufgrund der Fütterung mit Silagegemischen ist der Fließwiderstand der Gülle in den Rohrleitungen besonders hoch, so daß Kreiselpumpen die gewünschten Förderwerte oft nicht erreichen. Dagegen haben sich für das Umpumpen der Frischgülle vom Vorsammelbehälter ins Endlagerbecken und das Füllen der Transportfahrzeuge Drehkolbenpumpen bewährt (Abb. 2). Die Auslegungskriterien der Anlage hinsichtlich Menge, Druckaufbau und erforderlicher Antriebsleistung werden anhand des Gülle-Kenndaten-Programms (TÜRK 1994a, b) des Institut für Landtechnik Bornim (ATB) ermittelt. Die nach diesem Programm errechneten Fließeigenschaften liegen erfahrungsgemäß auf der sicheren Seite.

Zur Verhinderung von Pumpenblockaden durch Fremdstoffe werden in der Saugleitung der Pumpen meist *RotaCut*-Zerkleinerungsgeräte mit Zyklonabscheider eingebaut. Damit ist vor allem sichergestellt, dass Grobstoffe im nachgeschalteten Lagerbehälter keine problematischen Schwimmdecken bilden. Homogenität und Fließfähigkeit der Gülle in offenen Lagerlagunen

wird derartig verbessert, dass vorhandene Kreiselpumpen zur Beschickung der Güllegeber wieter betrieben werden können. Zusätzliche Investitionen sind dann nicht erforderlich.

Drehkolbenpumpen für Biogasanlagen

Neuerdings können aufgrund attraktiver staatlicher Förderungen und hoher Einspeise-vergütungen Biogasanlagen an vielen Standorten wirtschaftlich betrieben werden. Die Gasausbeute wird erhöht, wenn Kosubstrate vom eigenen Hof zum Flüssigmist zugemischt werden. Besonders energiereich sind Mais, Gras, Rüben und Raps, wobei das gute Zerkleinern und intensives Zumischen die Gasausbeute erhöht. Für Zerklei-nerung, Homogenisierung und Zumischung von Kosubstraten eignet sich eine eigens dafür konzeptionierte *BioCut*-Pumpenanlage. Das System besteht aus einer kompakten motorgetriebenen Drehkolbenpumpe mit speziellem *RotaCut*-Zerkleinerer. Die Pumpenanlage beschickt, automatisch gesteuert, den Fermenter (Abb. 3 und 4).

Als zentrale Pumpstation saugt sie zunächst Gülle aus den Vorgruben und füllt den Mischbehälter. Dann wird das Kosubstrat mittels Radladers unter ständigem Umpumpen beigegeben. Der Umpumpvorgang kann ggf. mittels eines Strahlrührwerkes intensiviert werden. Dabei wird ein Düsenstrahl erzeugt, der an den Grenzflächen durch Scherwirkung große Güllemengen intensiv durchmischt.

Vor dem Pumpendurchgang gelangt das Substrat in den Schneidkopf des *RotaCut*-Zerkleinerers. Dieser zerfetzt alle schwimmfähigen Feststoffe und schließt sie bakteriengerecht auf.

Drehkolbenpumpen für Pumpentankwagen

Das Aufbringen von Gülle auf den Acker ist heute umfangreichen Reglementierungen unterworfen. Aus Gründen des Umweltschutzes werden bodennah verteilende Schleppschlauch-Systeme und Injektionsgrubber bevorzugt. Diese können Ammoniak-Emissionen bis auf einen Rest von <10 % der mit Pralltellern verursachten Emissionen reduzieren. Die dazu erforderlichen *Dosimat*- bzw. *ExaCut*-Schlauch-verteiler arbeiten mit hoher Genauigkeit und sind DLG-geprüft (DLG 1997; Abb. 5 und 6). Überbetrieblich arbeitende Lohnunternehmer können die dafür benötigte aufwendige Technik besonders wirtschaftlich einsetzen. Hierbei hat sich ein Verfahren bewährt, bei dem der Gülletransport zum Feld von großvolumigen Tankfahrzeugen übernommen wird und der Ausbringvorgang mittels spezieller Ausbringfahrzeuge erfolgt.

Beim Befüllen hoher Tankfahrzeuge aus tiefen Vorgruben mittels Vakuumpumpen kommt es aus physikalischen Gründen zum Aufschäumen gelöster Gase. Das führt vielfach zu einer extremen Verlängerung der Befüllzeit. Die nur teilweise Befüllung des Tanks ist ebenfalls nachteilig. Deshalb kommen Drehkolbenpumpen zum Einsatz, bei denen die Gülle nur für einen Sekundenbruchteil - nämlich lediglich während der kurzen Passage im Saugschlauch - unter Vakuum gesetzt wird. Mobile Drehkolbenpumpen können einen 20 m³-Tank innerhalb von 2 min komplett befüllen. Hinzu kommt, dass heute vielfach aus Gewichtsgründen Kunststofftanks zur Anwendung kommen, bei denen ohnehin das Vakuumprinzip nicht angewendet werden kann.

Literatur

TÜRK, M.: Gülleförderung in Rohrleitungen. Druckverlustberechnung zur Rohrleitungsdimensionierung. Landtechnik 49(1994), H. 6, S. 358-359

TÜRK, M.: Rohrleitungstransport von Flüssigmist. Fo.-Bericht ATB Potsdam, 1994, H. 2

DLG, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.: Prüfberichte 4647/97, 4608/97

Slurry management at the tough of a bottom - Pumping stations with rotary pumps for farm yard and field

VERHÜLSDONK, BURKHARD[1] AND WOLFGANG JAKOB[2]

[1] Hugo Vogelsang, Maschinenbau GmbH, 49632 Essen/Oldb., Germany
[2] Hugo Vogelsang, Niederlassung, 06295 Rothenschirmbach, Germany

Animal breeding and fattening farms are sources of a large yearly amount of liquid manure. Time saving methods for recycling are in demand.

Central pumping stations on farm yards operating with rotary pumps and *RotaCut*-choppers make the slurry handling much easier and care for it's fluidity.

Rotary pumps in a *BioCut*-system simplify mixing and maceration of co-ferments on bio-gas plants and improve the bio-gas production. They care for controlled dosing of the substrate into the bio-gas reactor.

Mounted on a slurry tanker rotary pumps speed up the tank filling and control the charging of liquid manure into band spreading distributors.

Thus, rotary pumps with *RotaCut*-Coppers are important processing components if it's a question to recycle natural fertiliser from farm yards into the circuit of food production.

Observation of the effectiveness of slurry treatment and survival of *Salmonella typhimurium* in the solid fraction of slurry from an agricultural wastewater treatment plant

VENGLOVSKÝ, JÁN, ZUZANA PAČAJOVÁ, IVETA PLACHÁ AND NAĎA SASÁKOVÁ

Research Institute of Veterinary Medicine, Department of Animal Hygiene, Hlinkova 1/A, 040 01 Košice, Slovak Republic

1 Introduction

The operation of intensive animal farms creates problems with regard to disposal of excrements which are a potential source of spreading of diseases and pollution of the environment. The diseases concerned include helminthoses, fungal diseases-trichophytosis, salmonellosis, leptospirosis, tularemia, colibacillosis, and others.

One way how to solve these problems is the operation of wastewater treatment plants (WTP) livestock farms. The wastewater treatment technology most frequently used to treat pig slurry in Slovakia involves the activated sludge treatment. Prior to this treatment the solid and liquid fractions are separated on vibrating screens. The solid fraction poses a hygiene risk if not treated properly. However, most of valuable nutrients and organic substances pass to this fraction and can improve crop yields when applied to the soil. From the point of view of economy and prevention of pollution all methods of manure treatment should concentrate on the maximum utilization of its manuring value (TOFANT ET AL. 2000). With regard to the solid fraction of slurry which resembles solid manure the biothermic composting in the thermophilic temperature region would be the method of choice as it can ensure destruction of pathogens (NOVÁK 1994, ONDRAŠOVIČ ET AL. 1996).

Our study focused on long-term investigation of the efficiency of the treatment process with regard to the removal of biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD) and total nitrogen (N_t). Potential contamination of the solid fraction with pathogens and their devitalization during the storage of this substrate was investigated by observation of the survival of *S. typhimurium* and indicator microorganisms (mesophiles, coliforms, fecal coliforms, fecal streptococci) in the solid fraction of slurry in winter and summer seasons.

2 Materials and methods

The solid fraction (SF) of slurry, used in our experiments, was obtained by mechanical separation of slurry on vibrating screens. The liquid fraction was treated by an aerobic process in a WTP with mechanical, chemical and biological treatment stages.

Long-term chemical examination of the effectiveness of WTP consisted in determination of BOD_5 (SEDLÁČEK 1978), COD (Hach-cod reactor) and Kjeldahl nitrogen N_t in the liquid fraction and discharged water.

Our experiments with the SF were conducted on approx. 50 kg of this material placed in plastic containers. Survival of *S. typhimurium* was investigated using leather carriers (4 x 4 cm leather squares), pierced PVC bottles containing SF inoculated with *S. typhimurium* and control *S. typhimurium* containing glass ampoules (20 cm long, 1 cm in diameter) introduced

into the investigated substrate. Lyophilised strain *S. typhimurium* SK 14/39 (SZÚ Prague, Czech Republic) was used throughout the experiment. The carriers were examined by the method of MÜLLER (1973). At the same time, each carrier was examined qualitatively (PLACHÁ 1998). At the beginning of our experiment we examined the original solid fraction for the presence of *Salmonella* spp. using the method of PHILIPP ET AL. (1990).

Dynamics of indicator microorganisms was determined in time intervals specified in tables 1 and 2. Plate counts of mesophilic bacteria were determined using Nutrient agar No.2 (Imuna) with incubation at 37 °C for 24 hours. Coliforms and faecal coliform bacteria were determined on Endo Agar (Imuna) at 43 °C for 48 hours and at 37 °C for 24 hours, respectively. Plate counts of faecal streptococci were determined using selective agar for isolation of faecal streptococci (Imuna), using incubation at 37 °C for 24 hours. The time of survival of the observed microorganisms is expressed as T_{90} value (SCHLUNDT 1984) and gradient values of regression lines fitted through the given points are presented too.

3 Results

In the winter period *S. typhimurium* microorganisms were detected qualitatively until day 85 on both carriers. Quantitative determinations provided positive results until day 4 on the leather carriers and till day 54 in the PVC bottle. The values of decimation times T_{90} reached 0.96 days on the leather carrier and 12.91 days in the PVC bottle

The ambient temperatures fluctuated in the range between -11 °C and +34 °C and the temperature in the solid fraction ranged from -1 to 30 °C.

During the summer period, the tested *S. typhimurium* microorganisms survived the longest period of 26 days on the PVC carrier. The counts in the control glass ampoules, determined at the beginning and the end of the experiment, remained the same. The values of T_{90} for *S. typhimurium* microorganisms were 2.35 days on the leather carrier, 2.33 days in the PVC bottle and 66.63 days in the control ampoule.

Tab. 1: Dynamics of indicator microorganisms in solid fraction-winter

Time (Days)	Mesophilic CFU.ml^{-1}	Coliforms CFU.ml^{-1}	Faecal coliforms CFU.ml^{-1}	Faecal streptococci CFU.ml^{-1}
0	3.01×10^7	3.48×10^5	5.32×10^5	1.38×10^5
4	5.37×10^7	1.58×10^5	7.04×10^4	1.80×10^5
40	4.21×10^6	2.31×10^5	3.51×10^4	1.49×10^4
54	1.73×10^5	5.03×10^4	1.29×10^4	3.72×10^4
76	6.50×10^6	2.55×10^4	1.69×10^4	1.50×10^4
85	9.17×10^6	3.90×10^4	1.23×10^4	2.93×10^4
120	6.32×10^5	5.05×10^5	3.00×10^2	7.30×10^3
137	3.03×10^6	5.19×10^4	5.15×10^3	6.85×10^3
152	2.13×10^6	1.34×10^4	4.13×10^3	2.11×10^3
slope	-0.00738	-0. 00429	-0.01341	-0.01048
T_{90}	135.55	233.07	74.58	95.38

The temperature of the outer environment ranged from 10 °C to 33 °C and the temperature in the solid fraction varied between 17 °C and 26 °C.

The plate counts of indicator microorganisms in the solid fraction during winter and summer seasons are presented in tables 1 and 2. Long-term chemical examination of the influent liquid and treated water are shown in table 3.

Tab. 2: Dynamics of indicator microorganisms in solid fraction-summer

Time (Days)	Mesophilic CFU.ml^{-1}	Coliforms CFU.ml^{-1}	Faecal coliforms CFU.ml^{-1}	Faecal streptococci CFU.ml^{-1}
0	3.38×10^7	6.92×10^5	9.35×10^4	2.37×10^4
5	1.64×10^7	6.20×10^6	9.76×10^4	1.93×10^4
26	1.57×10^6	4.52×10^6	8.51×10^5	4.63×10^3
48	3.12×10^6	6.11×10^4	8.53×10^4	5.00×10^3
60	2.01×10^6	3.02×10^4	7.02×10^4	3.01×10^2
72	9.87×10^6	6.78×10^4	8.76×10^4	2.98×10^2
slope	-0.00997	-0.02821	-0.0103	-0.02711
T_{90}	100.29	35.44	97.09	36.89

Tab. 3: Long-term chemical examination of the influent liquid and discharged water

	Influent (mg/l)	Treated water (mg/l)	Efficiency of removal (%)
BOD_5	4 800 - 7 980	4 - 6	99,9
COD	8 300 - 11 100	550 - 990	92,0
N_t	1 450 - 1 500	2 - 5	99,7

4 Discussion

The observation of the survival of *S. typhimurium* and indicator microorganisms confirm the findings of a number of authors (DEAN AND LUND 1981; STRAUCH 1991; AHMED AND SORENSEN 1995) that the temperature affects significantly their devitalization. This is supported also by MÜLLER (1973) who stated that different types of salmonellae survived in slurry for 4 - 97 days in summer and up to 87 days in winter. However, other factors such as pH, dry matter content and others are also involved. The respective relationships were described by MITSCHERLICH AND MARTH (1984), STRAUCH (1991), CABADAJ ET AL. (1995).

The counts of indicator microorganisms during summer and winterstorage of slurry are comparable with those determined by ONDRAŠOVIČOVÁ ET AL. (1994). However, the latter study reported considerable decrease in coliform and faecal coliform microorganisms during 6-week storage. Devitalization of indicator microorganisms during the storage of pig slurry solids at the presence of zeolite was studied by VARGOVÁ (1999).

Our results are comparable also with the findings of JEPSEN ET AL. (1997) from the storage of sludges in which significant reduction of salmonellae was observed in summer (average temperature 20 °C) and slower devitalization in winter (average temperature below 10 °C). The above mentioned authors did not observe systematic reduction in faecal streptococci

during the storage and did not recommend to use them as indicator microorganisms in the process of improving the hygienic quality of sludges by storage.

Chemical analyses of the treated liquid fraction of slurry showed good effectiveness of the removal of nutrients. It was treated to sufficient quality so it could be discharged into the recipient.

The results obtained indicate that the solid fraction of pig slurry is highly contaminated with pathogenic microorganisms and its treatment deserves increased attention.

5 Literature

AHMED, A.U. AND SORENSEN, D.L. (1995): Kinetics of pathogen destruction during storage of dewatered biosolids. Wat. Environ. Res. 67, 143-150

CABADAJ, R., M. PIPOVÁ AND TUREK, P. (1995): Poultry, eggs and their products as sources of human salmonellosis in Slovakia. Proc. „World Veterinary Congress", Japan, 168

DEAN, R.B. AND E. LUND (1981): Water reuse: Problems and solutions. Academic, London, 94-99

JEPSEN, S.E., M. KRAUSE AND H. GRÜTTNER (1997): Reductional of faecal streptococcus and salmonella by selected treatment methods for sludge and organic waste. Wat. Sci. Tech., 11, 203-210

MITSCHERLICH, E. AND E.H. MARTH (1984): Microbial Survival in the Environment. New York, Springer-Verlag, 728-744

MÜLLER, W. (1973): Die Lebensfähigkeit von Salmonellen in belüftem kommunalen Abwasser. Schlacht und Viehhof Zeitung, 9, 332-336

NOVÁK, P. (1994): Dynamics of indicator microorganisms in the process of composting of agricultural wastes (in Czech). Proceedings „Ecology and Veterinary Medicine", Košice, Slovakia, 69-72

ONDRAŠOVIČ, M., Ľ. PARA, O. ONDRAŠOVIČOVÁ, M. VARGOVÁ AND A. KOČIŠOVÁ (1996): Veterinary care about the environment (in Slovak). Data Help, Košice, 109

ONDRAŠOVIČOVÁ, O., M. ONDRAŠOVIČ, Ľ. PARA AND M. VARGOVÁ (1994): Changes of some chemical and microbiological parameters of slurry during storage and addition of chemical disinfectants (in Slovak). Živočíšna výroba, 39, 365-374

PHILIPP, W., R. GRESSER AND E. MICHELS (1990): Vorkommen von Salmonellen in Gülle, Jauche und Stallmist landwirtschaftlicher Betriebe in einem Wasserschutzgebiet. J. Forum Städte - Hygiene, 41, 62-65

PLACHÁ, I.(1998): Survival of *Salmonella typhimurium* and dynamic of indikator microorganisms in solid fraction of pig slurry and in sewage sludge (in Slovak). PhD Thesis

SCHLUNDT, J. (1984). Survival of pathogenic enteric bacteria in anaerobic digestion and on slurry-treated land. Dissertation Abstracts International C45 (4), 1025

SEDLÁČEK, M. (1978): Methods for analysis of sludges and solid wastes (in Czech), SZN, Prague

STRAUCH, D. (1991): Survival of pathogenic micro organisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 10, 813-846

TOFANT, A., M. VUČEMILO, I. BARAČ AND S. MAMIČ (2000): Effect of Bio-Algeen G-40 a slurry additive on slurry physicochemical and environmental characteristics. Proc. „Xth International congress on animal hygiene", Maastricht, Netherlands, 1068-1072

VARGOVÁ, M. (1999): The possibilities of use of natural zeolite clinoptilolite in the process of treatment of pig slurry (in Slovak), PhD. thesis, Univ. of Vet. Medicine, Košice

Einsatz von Mähgut landwirtschaftlich nicht genutzter Flächen als Kosubstrat in landwirtschaftlichen Biogasanlagen

LEMMER, ANDREAS UND HANS OECHSNER

Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

1 Einleitung

In vielen Kommunen Baden-Württembergs bestehen Probleme bei der Verwertung der grasartigen Bio- und Grünabfälle. Allein in Baden-Württemberg lag deren Gesamtaufkommen in den vergangenen Jahren bei über 3,7 Mio. t Frischmasse (FM) pro Jahr. Mit etwa 900.000 t FM entfiel dabei ein Hauptanteil auf das Mähgut von Naturschutz- und Landschaftspflegeflächen (RÖSCH 1996). Bei vielen Betreibern landwirtschaftlicher Biogasanlagen besteht ein großes Interesse, Kosubstrate, die eine erhöhte Biogasausbeute erwarten lassen, aufzunehmen. Daher führt die Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen der Universität Hohenheim im Auftrag des Ministeriums Ländlicher Raum Baden-Württemberg eine Untersuchung durch, um die Einsatzmöglichkeiten von Pflegeabfällen in Biogasanlagen zu beurteilen. Neben diesen betriebsfremden organischen Abfallstoffen werden auch Grassilage und Silomais in die Untersuchungen mit einbezogen, da diese Pflanzen gezielt zur Energiegewinnung angebaut werden können. Im Rahmen der Untersuchung wurden zunächst Versuche im Biogaslabor der Universität Hohenheim durchgeführt. Die Laborbiogasanlagen mit einem Nutzvolumen von 16 Litern wurden im Durchfluss betrieben, die gebildete Gasmenge und Gasqualität täglich bestimmt. Die zugeführten Substrate und das Outputmaterial wurden während eines Versuchsdurchganges regelmäßig auf ihren Trockensubstanz- und organischen Trockensubstanzgehalt hin untersucht. Im Anschluss an die Laborversuche wurden die Ergebnisse durch Untersuchungen an drei Praxisbiogasanlagen evaluiert.

2 Verfahrenstechnik der Grasvergärung

Um eine gleichmäßige Beschickung der Biogasanlage mit Grüngut über das ganze Jahr zu ermöglichen, ist dieses zu konservieren (Heu- oder Silagebereitung). Die Konservierung selbst und die Konservierungsart haben dabei kaum einen Einfluss auf den möglichen Biogasertrag. Schlechte Silierung oder Pilzbefall während der Lagerung führen allerdings zu einem Verlust an organischer Trockensubstanz (oTS) und mindern die erzielbaren Gaserträge (BASERGA 1998, KRIEG ET AL. 1995).

Das Grüngut kann entweder in der Vorgrube mit dem Flüssigmist vermischt oder aber mittels einer Eintragschnecke oder eines Einspülschachtes direkt dem Fermenter zugegeben werden. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass zum Erhalt einer pump- und rührfähigen Gülle-Grassilage-Suspension Trockensubstanzgehalte des Substratgemisches von 10 % nicht überschritten werden sollten, d.h. je m³ Rinderflüssigmist (TS 7,5 %) können etwa 1,1 dt Grassilage (TS 33 %) zugegeben werden. Insbesondere faserige Stoffe haben im Fermenter eine starke Neigung zur Schwimmschichtbildung. Dies kann durch den Einsatz großdimensionierter, im Intervall betriebener Rührwerke, verhindert werden. Unterbleibt das regelmäßige Rühren, bilden sich im Gras-Gülle-Gemisch feine Gasblasen, die eine Volumenausdehnung des Substrates zur

Folge haben. Das Volumen eines Gras-Gülle-Gemisches kann sich dabei innerhalb von etwa 14 h auf das 1,4fache des Ausgangswertes ausdehnen und dazu führen, dass der gesamte Gasraum im Fermenter ausgefüllt wird. Aufgrund der Zähflüssigkeit des Gemisches versagen die herkömmlichen Überdrucksicherungen. Zum Schutz der Bausubstanz sollten daher beim Einsatz größerer Mengen an Grüngut als Kosubstrat gewichtsbelastete Öffnungen in den Fermenterdeckel eingebaut werden, durch die bei einem Ausfall des Rührwerkes das Gras-Gülle-Gemisch entweichen kann.

3 Gaserträge einzelner Substrate

Das Mähgut landwirtschaftlich nicht genutzter Flächen ist von Seiten der biologischen Prozessstabilität sehr gut geeignet, zusammen mit Flüssigmist vergoren zu werden. In den bisherigen Untersuchungen konnten keine Hinweise auf hemmende Faktoren ermittelt werden. Eine Überlastung des Fermenters mit frischem Grüngut kann jedoch, insbesondere bei Rasenschnitt, zu einer massiven Schaumbildung führen.

Tab. 1: Methanausbeute und Abbaugrad der Vergärung unterschiedlicher Mischungen von Flüssigmist und siliertem Grüngut in Laborbiogasanlagen (Durchflussbetrieb). Variation der hydraulischen Verweilzeit und Raumbelastung. Mesophiler Betrieb (37 °C)
Methane yield and reduction of volatile solids of different mixtures of silaged plants and liquid manure in laboratory biogas plants (continues flow). Variation of the hydraulic retention time (HRT) and the loading rate. Mesophilic digestion (37 °C)

Versuchsvariante				**Methan-gehalt**	**Methan-ertrag**	**Abbau-grad**
	Verweil-zeit	TS–Gehalt der zugef. Suspension	Raumbe-lastung	der Substratmischung		
	d	Gew.-%	kg oTS / (m³*d)	%	m³/(m³ RV*d)	% d. oTS
Kosubstrat Siliertes Mähgut von:						
Extensivgrünland	40	10	2,0	55,4	0,46	48
	40	12	2,6	54,1	0,57	47
	25	10	3,2	54,7	0,66	47
Naturschutzgebiet	25	10	3,4	56,8	0,52	32
Intensivgrünland	25	10	3,0	54,6	0,78	48
Golf - Rasen	25	10	3,1	57,0	0,68	47
Silomais	25	10	3,2	53,6	0,75	50
Kontrollvariante						
Rinderflüssigmist	40	7,5	1,5	58,8	0,33	43
	25	7,5	2,0	59,0	0,37	40

Durch den Einsatz von Grüngut wird das verfügbare Fermentervolumen gegenüber der reinen Flüssigmistvergärung effizienter ausgenutzt. Bei der ausschließlichen Vergärung von Rinderflüssigmist wird bei einer Verweilzeit von 25 Tagen eine Raumbelastung von etwa 2 kg oTS je m³ Fermentervolumen und Tag erreicht. Werden je m³ Flüssigmist etwa 1,1 dt Grassilage aus einer intensiven Grünlandnutzung oder Silomais zusätzlich fermentiert, erhöht sich die Raumbelastung auf 3,0 bis 3,2 kg oTS/(m³Ad). Gleichzeitig steigt der Methanertrag je m³ Fermentervolumen von 0,37 m³ auf 0,78 m³ (Grassilage) bzw. 0,75 m³ (Maissilage). Damit kann durch den Einsatz von Silage bei einer Verweilzeit von 25 Tagen die Methanausbeute je m³ Fermentervolumen mehr als verdoppelt werden (Tab. 1).

Zwischen den Gaserträgen der einzelnen Substrate bestehen erhebliche Unterschiede. So liegt beispielsweise der substratspezifische Methanertrag von Grassilage aus einer intensiven Grünlandnutzung und von Silomais bei einer Verweilzeit von 25 Tagen mit 0,41 bzw. 0,32 m³/(kg oTS) deutlich über dem der Silage aus extensiver Grünlandnutzung (0,24 m³/(kg oTS)). Beim Einsatz des Mähgutes aus den Naturschutzgebieten (NSG) wird mit 0,1 m³/(kg oTS) ein niedrigerer substratspezifischer Methanertrag als bei Rinderflüssigmist (0,18 m³/(kg oTS)) erzielt (Abb. 1).

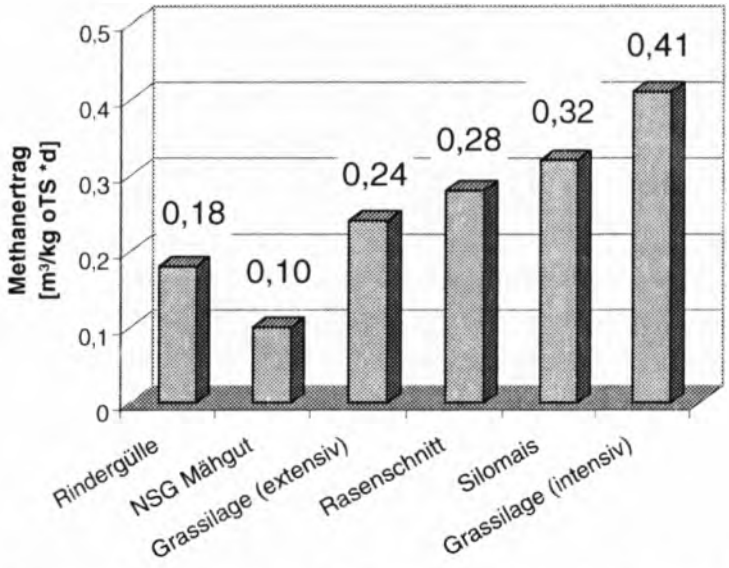


Abb. 1: Methanertrag einzelner Substrate bei der Vergärung in Laborfermentern; Verweilzeit 25 Tage; mesophiler Betrieb (37°C)
Methane yield of different substrates by the digestion in laboratory biogas plants, HRT 25 d, mesophilic digestion (37 °C)

Durch den Einsatz von Grüngut als Kosubstrat in landwirtschaftlichen Biogasanlagen erhöht sich der TS-Gehalt des ausgefaulten Substrates gegenüber der ausschließlichen Vergärung von Flüssigmist von etwa 4,5 % auf 6 - 7 % und entspricht damit annähernd dem des unvergorenen Rinderflüssigmistes; Homogenität und Dünnflüssigkeit, durch die sich vergorener Flüssigmist auszeichnet, gehen durch den Einsatz größerer Mengen von Grüngut verloren. Auch die Nährstoffgehalte des Faulsubstrates steigen durch den Einsatz des Grüngutes zum Teil deutlich an. So liegt beispielsweise der Stickstoffgehalt einer ausgefaulten Gülle-Rasenschnitt-Suspension bis zu 38 %, der Kaliumgehalt einer ausgefaulten Gülle-Grassilage-Suspension um bis zu 24 % über denen von ausgefaultem Flüssigmist. Dies ist bei der Düngeplanung zu berücksichtigen.

4 Zusammenfassung

Grüngut ist als Abfall oder aus der betriebseigenen Erzeugung in großen Mengen verfügbar. In einem vom Ministerium ländlicher Raum, Baden-Württemberg finanzierten Projekt wird die Eignung dieser Substrate als Kosubstrat für landwirtschaftliche Biogasanlagen untersucht. Es zeigt sich, dass diese Substrate prinzipiell gut geeignet sind, um zusammen mit Gülle vergoren zu werden. Nach einer Anpassung der Anlagentechnik lässt sich durch die Zugabe des Grüngutes das verfügbare Fermentervolumen effektiver nutzen. Die Steigerung der Gaserträge hängt jedoch stark von dem verwendeten Substrat ab. Aus wirtschaftlicher Sicht muss im Einzelfall überprüft werden, ob die Vergärung von Grüngut-Abfall in Verbindung mit Entsorgungserlösen oder die Verwertung des betriebseigenen Grüngutes sinnvoller ist.

5 Literatur

BASERGA, U.: Vergärung von Extensogras-Silage in einer Feststoff-Pilotanlage und einer landwirtschaftlichen Co-Vergärungs-Biogasanlage. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon, 1998

KRIEG, A. ET AL.: Gras-Kraft. Abschlussbericht, Fachverband Biogas e.V., Kirchberg, 1995

RÖSCH, C.: Vergleich stofflicher und energetischer Wege zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe 1996

Co-digestion of green plants and liquid manure in agriculturel biogas plants

LEMMER, ANDREAS AND HANS OECHSNER

Department of Farm Machinery and Farm Structure, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany

Vegetable residues and organic waste are suitable in large scales. In a research project, financed by the Ministry for Agriculture, Baden-Württemberg, the suitability of this substrates for biogas production as an additive to liquid manure was investigated. Besides of vegetable residues and organic waste, also crops especially grown for energy purposes have a chance for biogas production. The investigation shows, that all this vegetable matter is well suited to serve as a source for biogas. The technical equipment of a biogas plant built up for the digestion of liquid manure has to be changed in some details. By co-digestion of vegetable matter, the gas-production rate per unit reactor volume could be increased. The methane yield per unit volatile solids fed depends on the substrate. The operator of a biogas facility has in each individual case to proof, whether it is more profitable to use vegetable waste or own grown energy plants for co-digestion.

Methanproduktion aus Reststoffen von Olivenölfabriken mit Zusatz von Sonnenblumenöl und Rinderflüssigmist

SÖZER, SALIH UND OSMAN YALDIZ

Universitaet Akdeniz, Landwirtschaftliche Fakultaet, Institut für Agrartechnik, Antalya, Türkei

1 Einleitung

In der Türkei hat der Olivenanbau und die Speiseölproduktion eine größere ökonomische Bedeutung. İm Mittelmeergebiet beträgt die Produktionsmenge jährlich 1,2 Mio. t Oliven, davon werden 40 000 t Olivienöl produziert. Nach der Verarbeitung zu Öl wird das Reststoff (90 000 t) entweder zum Heizen des Fabrikwassers genutzt oder unzweckmäßig deponiert.

2 Material und Methode

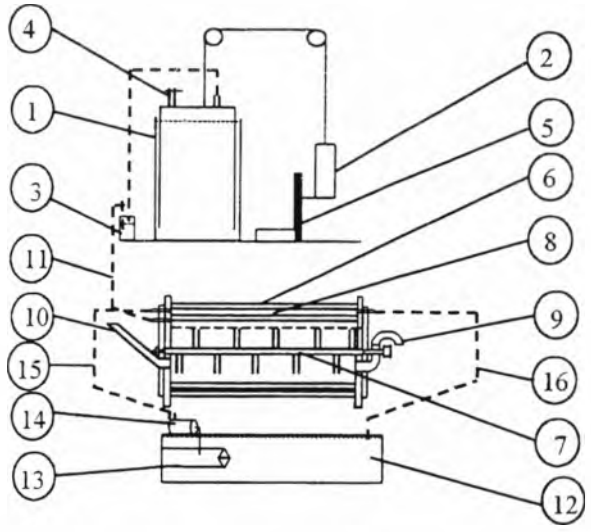
In dieser Forschungsarbeit wurde die Möglichkeit der Biogasproduktion aus Reststoffen von Olivien nach der Verarbeitung zum Speisenöl untersucht. Außerdem wurde gebrauchtes Sonnenblumenöl aus Großküchen hinzufügt. Der Versuchsplan ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Versuchsplan / Experimental scheme

Versuchs-variante (Vv)	Material	Gärtemperatur (°C)	TS (%)	Hydraulische Verweilzeit (d)	Raumbelastung (g.okm/l.d)
1	R	37	5,52	15	3,68
2				20	2,76
3				25	2,20
4	20 % R +	37	6,59	15	4,39
5	80 % ORS*			20	3,29
6				25	2,63
7	10 % R +	37	6,88	15	4,58
8	90 % ORS*			20	3,44
9				25	2,75
10	10 % R +	37	15,54	15	10,30
11	90 % ORS*			20	7,77
12	+ SBÖ*			25	6,21

R=Rinderflüssigmist; ORS=Olivenreststoff; SBÖ=Sonnenblumenöl; * in OTS

Die Untersuchungen wurden in 8 liegenden Laborfermentern durchgeführt. Der Aufbau einer Einheit besteht aus einem liegenden Gärbehälter nach dem Gärkanalprinzip mit Rührwerk, Heizeinrichtung, Druckpumpe und einem Nasgasometer (Abb. 1). Der Reaktor einer Einheit besteht aus zwei ineinandergesetzten zylindirischen Röhren. Der aus PVC bestehende innere Zylinder mit 20 cm Durchmesser umschließt den Faulraum, der äußere Zylinder aus PVC mit 30 cm Durchmesser umhüllt den inneren Zylinder im Abstand von 5 cm für die Mantelheizung des Faulraumes. Die Stirnseiten des Behälters bestehen aus Plexiglasplatten. Das Reaktorvolumen beträgt insgesamt 18,8 l, davon werden 3,8 l als Gasraum genutzt.



1-Nasgasometer
2-Gegengewicht
3-Druckausgleich
4-Gasentleerung
5- Skala
6-Biogasreaktor
7-Rührwerk
8-Mantelheizung
9- Auslauf
10-Einlauf
11-Gasleitung
12-Wasserbecken
13-Heizung
14-Wasserpumpe
15-Heizungswassereinlauf
16-Heizungswasserauslauf

Abb. 1: Fließschema der Laboranlage
Flow sketch of laboratory plant

Das aus Rührwelle bestehende Rührwerk rührte den Faulrauminhalt alle 30 Minuten mit einem 30 min^{-1} laufenden Regelgetriebemotor 3 Minuten durch. Mittels Heizeinrichtung geheiztes Wasser fließt zwischen Innen- und Außenmantel. Die Wassertemperatur wird durch ein Heizthermostat auf der vorgewählten Temperatur konstant gehalten. Das gebildete Biogas wurde über einen Druckausgleich in ein Nasgasometer geleitet. Das Ablesen des täglich gebildeten Biogases erfolgte über die Position des Gegengewichtes auf einer Skala. Die Messung des CO_2-Gehaltes erfolgte mit Hilfe eines CO_2-Messers. Der pH-Wert des Ein- und Auslaufsubstrates wurde mit Hilfe einer Gaselektrode und einem pH-Meter (Fa. WTW, Typ pH 537) bestimmt. Zur Ermittlung der TS und OTS wurde eine Probe von ca. 30 g vom jeden Reaktor 24 Stunden lang in einem Trockenschrank bei 100 °C getrocknet. Zur Ermittlung der OTS wurde die getrocknete Probe in einem Muffelofen bei 700 °C verascht.

3 Untersuchungsergebnisse

Die Zugabe von Reststoffen aus Olivenölfabriken verursachte eine bedeutende Abnahme bei der Biogasproduktion (Tab. 2). Die Abnahme beträgt bei Verweilzeiten von 15 Tagen 61 %. Höhere Mengen an Reststoffen (Versuchsvarianten 7, 8, 9) zeigten einen noch stärkeren Rückgang der Methanproduktion. Durch die Zugabe von gebrauchtem Sonnenblumenöl aus Großküchen kam die Reaktion zum Erliegen. Die Erhöhung der Verweilzeit in den Versuchsvarianten 10, 11 und 12 verursachte eine Zunahme der Biogasproduktion und der pH-Werte. Durch die Erhöhung der pH-Werte mit abnehmender Raumbelastung erleichterte die Einstimmung der Methanbakterien an das Milieu.

BASERGA (1998) berichtete, dass gebrauchtes Speisenöl mit einem TS-Gehalt von 8 % eine Zunahme der Gasproduktion im Vergleich zum Schweineflüssigmist verursacht. GOSCH UND LUTHARDT-BEHLE (1990) stellten fest, dass eine Zugabe von Speisenöl zum Abwasser eine Erhöhung der Gasmenge um 135 % verursacht. Bei dieser Arbeit lag die Raumbelastung im Bereich von 0,970 g OTS/l.d. Durch die Erhöhung der Raumbelastung auf 1,120 g OTS/l.d nahm die Gasproduktion im Vergleich zu reinem Abwasser in Höhe von 28 16 % zu. YALDIZ ET AL. (1998) weisen auf die positive Einwirkung der Zugabe von Speisenöl auf die Methanproduktion hin.

In der eigenen Versuchen wurde festgestellt, dass die Gasproduktion durch die Zugabe von Öl wegen der höheren Raumbelastung stark abnimmt. Die höhere Raumbelastung und der OTS-Gehalt verursachen eine Versauerung des Gärmilieus und eine pH-Wert Abnahme. Unter diesen Bedingungen sollte die Raumbelastung noch niedriger ausgewählt werden.

Tab. 2: Untersuchungsergebnisse / Results of experiments

Versuchs-varianten	Hydraulische Verweilzeit (d)	Raumbelastung (g.okm/l.d)	M_v (l/l.d)	M_{otsz} (l/g.okm)	CH_4 (%)	pH_z	pH_a
1	15	3,68	0,766	0,208	61,3	7,01	7,25
2	20	2,76	0,508	0,184	61,1	7,01	7,43
3	25	2,20	0,465	0,211	61,7	7,01	7,47
4	15	4,39	0,354	0,081	61,5	6,60	7,05
5	20	3,29	0,329	0,100	61,8	6,60	7,04
6	25	2,63	0,309	0,117	62,1	6,60	6,85
7	15	4,58	0,269	0,059	62,1	6,60	6,78
8	20	3,44	0,212	0,062	62,1	6,60	6,71
9	25	2,75	0,199	0,072	62,8	6,60	6,62
10	15	10,30	0,117	0,011	40,4	6,60	5,54
11	20	7,77	0,126	0,016	39,7	6,60	5,96
12	25	6,21	0,144	0,023	40,0	6,60	6,00

M_v=Reaktorspezifische Methanproduktion; M_{otsz}=Substrat spezifische Methanproduktion; pH_z=pH-Wert des zugeführten Substrats; pH_a=pH-Wert des Ausgansmaterials

3.1 CH_4-Gehalt des Biogases

Der CH_4-Gehalt des Biogases aus reinem Rinderflüssigmist lag in Abhängigkeit der Raumbelastung im Bereich zwischen 61,1 und 61,7 % (Tab. 2, Abb. 2). In den Versuchsvarianten 4-6 beträgt der Wert zwischen 61,8 und 62,1 % und in den Varianten 7-9 zwischen 62,1 und 62,8 %. Mit Sonnenblumenölzugabe betriebene Anlagen sank der Methangehalt unter 50 %. Unter diesen Bedingungen ist das Gas nichat mehr ohne weiteres brennbar. Alle Versuchsvarianten außer 10, 11 und 12 weisen einen geringen Streubereich auf.

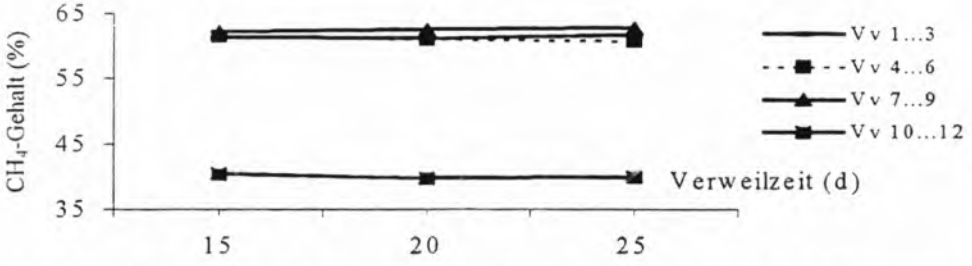


Abb. 2: CH_4-Gehalt in Abhängigkeit von Raumbelastung und Gärmaterial
Methane content of biogas versus loading rate and fermentation material

3.2 Substratspezifische Methanproduktion

Die Ergebnisse der Versuchsreihen mit verschiedenen Substraten sind in Tabelle 2 und Abbildung 3 zusammengestellt. Bei allen Varianten steigt die substratspezifische Methanproduktion mit zunehmender Verweilzeit. Nach den Ergebnissen der Versuchsvarianten 1, 5 und 8, die mit etwa gleicher Raumbelastung betrieben wurden, ist festzustellen, dass die Zugabe von Olivenreststoffen und Sonnenblumenöl eine deutliche Abnahme der substratspezifischen Me-

thanproduktion verursacht. Die Ursache dafür ist ein zu niedriger Abbaugrad der Olivenkörner und ein zu hoher OTS-Gehalt sowohl von den Oliven als auch vom Sonnenblumenöl. Der höhere OTS-Gehalt sowie die Raumbelastungen verursachen eine Versauerung des Gärmilieus.

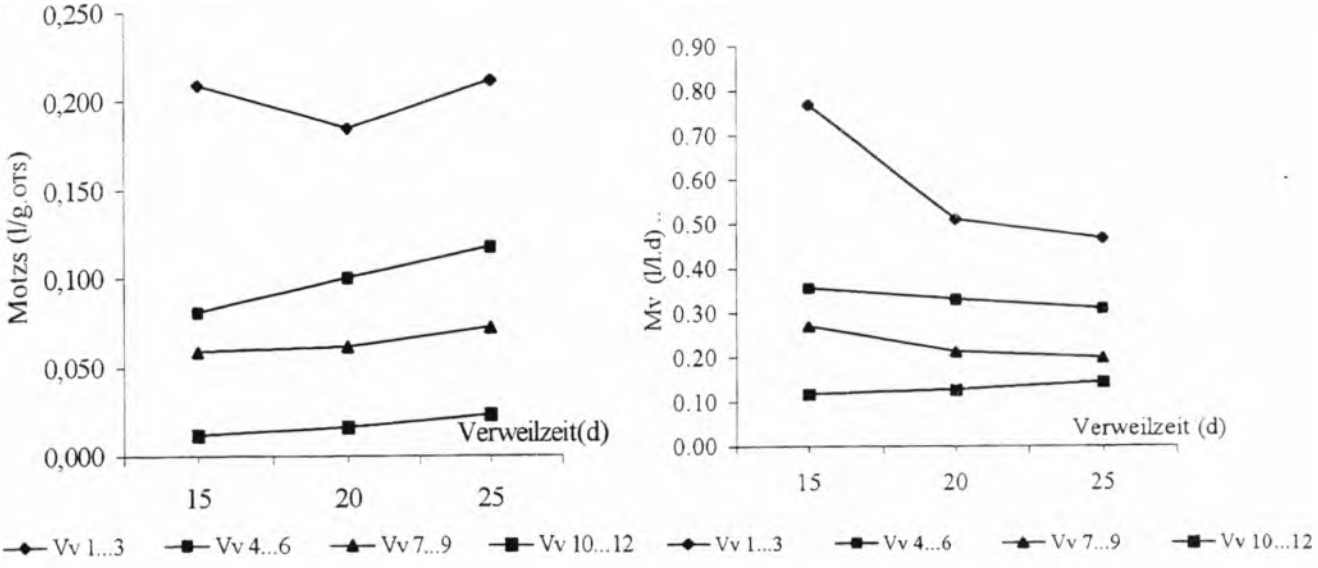


Abb. 3: Substratspezifische Methanproduktion (links) und reaktorspezifische Methanproduktion (rechts) in Abhängigkeit von Raumbelastung und Gärsubstrat
Material specific methane production rate (left) and volumetric methane production rate (right) versus loading rate and fermentation material

3.3 Reaktorspezifische Methanproduktion

Der reaktorspezifische Methanleistung gibt den Merthanertrag bezogen auf das Reaktorvolumen an. Aus der Darstellung der reaktorspezifischen Methanproduktion (Abb. 3) ist zu erkennen, welche Auswirkung eine Erhöhung von Raumbelastung und Gärsubstrat hat. In den Versuchsvarianten 1 bis 10 ist deutlich zu erkennen, dass die höhere Raumbelastung eine Zunahme der reaktorspezifischen Methanproduktion verursacht. Bei der Zugabe von gebrauchtem Sonnenblumenöl nahm die reaktorspezifische Methanleistung mit zunehmender Raumbelastung ab.

Methane production from residue of olive oil plant by the additon of sunflower oil and cattle manure

SÖZER, SALIH AND OSMAN YALDIZ

University of Akdeniz, Faculty of Agriculture, Farm Machinery Department, Antalya, Turkey

This experiment was conducted in a through flow laboratory unit with 15-20 and 25 days retention times and fermentation process continuing under 37-40 °C. Cattle manure and olive residue were used as fermentation material. Biogas production decresed as the ratio of cattle manure added olive residue (80-90 %). After, the waste sunflower oil was added, biogas production began to decrease, later on completely stopped because of the acidity of biogas material.

Universalgebäude in der Landwirtschaft - Möglichkeiten und Grenzen

RITTEL, LEONHARD

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85350 Freising

Jahrelang verlief das landwirtschaftliche Bauen in sehr geordneten Bahnen. Die Arbeitsverfahren waren abgestimmt auf die Handarbeitsstufe und dementsprechend wurden auch die Gebäude errichtet. Das Milchvieh mit Nachzucht wurde im Anbindestall gehalten und deckenlastig das Heu und Stroh gelagert. Gebäudebreiten von 11 - 13 m waren dazu funktionell ausreichend. Dieser Zustand änderte sich allmählich, als die Technisierung Einzug hielt. So war z.B. zum Einbau eines Heuaufzuges eine gerade „Achse" und die „Durchgängigkeit" der Dachkonstruktion Voraussetzung. Einen totalen Bruch in der Bautradition brachte der erdgeschossige Stallbau. Völlig aus den Fugen gerieten die Gebäudedimensionen durch die Einführung der Liegeboxenlaufställe, die Baubreiten von 22 - 24 m erreichten, für die sich trotzdem kein einheitliches Maß für die Gebäudebreite und für die Stellung notwendiger Stützen herauskristallisieren konnten. Es wäre für alle am Bau Beteiligten eine wesentliche Erleichterung, wenn man sich für bestimmte Produktionsrichtungen auf fixe statische Gebäudebreiten und -höhen verständigen könnte. Für definierte Standardgebäude könnte die Vergleichbarkeit der Angebote eine wesentlich größere Transparenz für den bauwilligen Landwirt bringen und einen Beitrag zur Kostenanpassung im Agrarsektor leisten. Die produzierende Baufirma hätte die Möglichkeit in arbeitsschwachen Zeiten auf Vorrat einen Hallentyp zu produzieren, der auf alle Fälle verkaufbar ist. Bei genauerer Betrachtung, welche Nutzungsart auf welche Gebäudebreite angewiesen ist, kristallisiert sich heraus, dass ein 15 m breites Gebäude vielfache Nutzungsmöglichkeiten zulässt.

1 Maschinen- und Bergehallen

Maschinen- und Bergehallen mit einer Breite von 15 m und einer Traufhöhe von 4,25 m entwickeln sich immer mehr zu universell genutzten Baukörpern (Abb. 1). Ihr klassisches Verwendungsgebiet ist das Abstellen von größeren Maschinen und Geräten. Bei einem Stützenabstand von 6 bzw. 6,25 m lassen sich z.B. bequem 2 Anhänger nebeneinander abstellen. Auch hintereinander können sie bei 15 m Gebäudebreite angekoppelt abgestellt werden. Für einige Hallenfelder ist deshalb eine Durchfahrtsmöglichkeit für einen „ganzen Zug" vorzusehen. Außerdem eignen sich 15 m Hallen vorzüglich zum Einlagern von Heu- und Stroh in Form von Rund- oder Quaderballen. Eingebaute Boxenwände ermöglichen die Lagerung von Getreide und von Handelsdünger in loser Form im Flachlager. Die Hallenkonstruktion ist so zu wählen, dass der zunehmende Einsatz von Rad- bzw. Teleskopladern nicht behindert wird. Die Gebäudekonfiguration lässt auch problemlos den Einbau einer dreireihigen Boxenaufstallung für die Pferdehaltung zu. Auch als Pferdebewegungshalle (Baurecht), nicht als Reithallen nach FN-Maßen, ist diese Baubreite ausreichend.

2 Mastschweine auf Tiefstreu

Zum Nischengeschäft mit individuellem Vermarktungsweg hat sich die Mastschweinehaltung auf Tiefstreu entwickelt, die sich in einer 15 m breiten Halle gut unterbringen lässt. Je

„Hallenbund" werden 2 Gruppen Schweine untergebracht und im Rein-Raus-Verfahren betrieben. Das Platzangebot ist reichlich bemessen. Das Einbringen des Einstreustrohes in Ballenform und das Entsorgen des Mistes mit dem Front- oder Radlader erfolgt über die seitlichen Hallenschiebetore. Steht eventuell eine Nutzungsänderung an, bleibt nach der Anpassung des Bodenprofils eine Halle mit universeller Verwendbarkeit übrig.

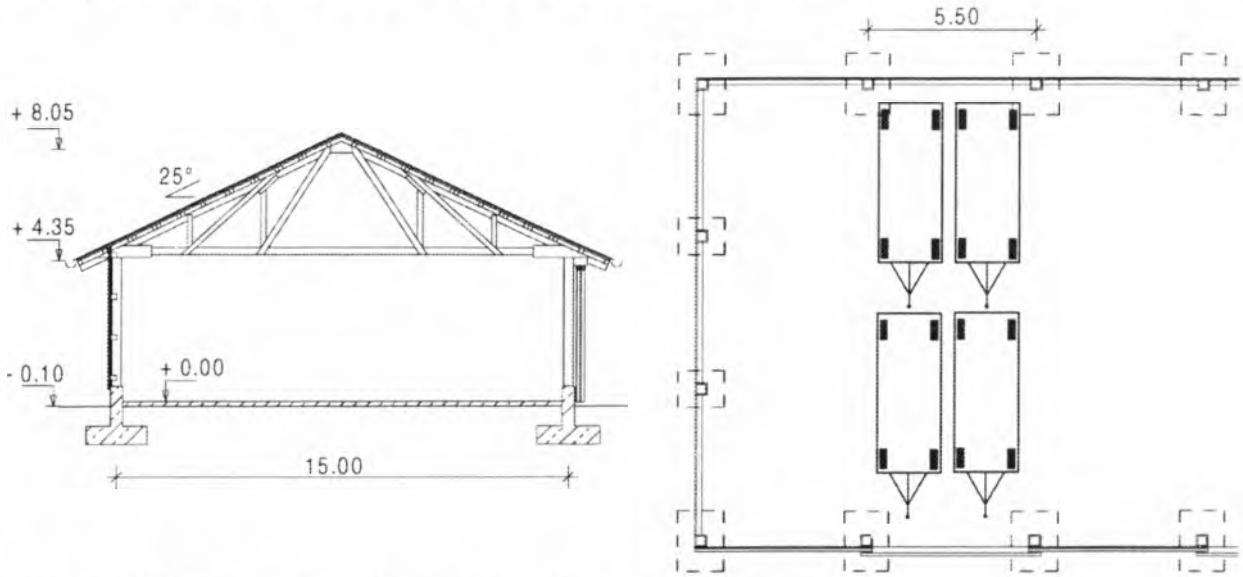


Abb. 1: Schnitt und Grundriss von Maschinen- und Bergehallen
Section and ground plan for machinery and harvested crop halls

3 Mastschweine auf Schrägboden

Der Außenklimastall ist nicht nur dem Rinderbereich vorbehalten, auch in der Mastschweinehaltung findet er immer mehr Freunde, da er doch beim Investitionsaufwand enorme Kostenvorteile aufzuweisen hat und beim Emissionsverhalten den klassischen Warmställen weit überlegen ist. Der zweireihig angeordnete Schrägbodenstall mit Mittelgang, Fressplatz, schiefer Ebene mit Aktions- bzw. abgedeckter Liegefläche sowie mit seitlicher, spaltenbodenüberdeckter Mistschieberbahn passt mit seinen Funktionsmaßen genau in ein 15 m Gebäude (Abb. 2).

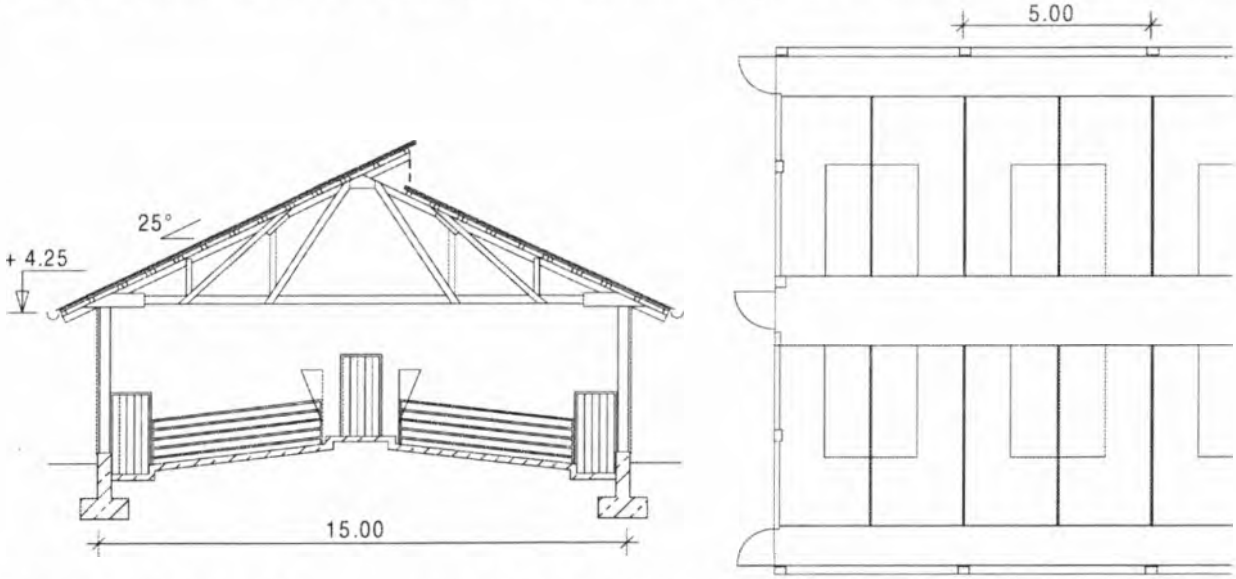


Abb. 2: Schnitt und Grundriss von Mastschweinen auf Schrägboden
Section ond ground plan for fattening pigs on sloped floor

Ein scheunenartiger Holzbau ist für diese Tierhaltungsform voll ausreichend. Aus Baukonstruktionsgründen ist es nicht relevant, ob die Seitenwände mit Schubtoren verschlossen sind wie bei einer Maschinenhalle oder mit einer Spaceboardwand mit gesteuertem Rollo zur besseren Durchlüftung des Stallgebäudes. Ansonsten kann die Gebäudehülle ohne Funktionseinbußen ähnlich gebaut sein.

4 Mastschweine in Kisten bei eingestreuten Laufgängen

Als weitere Variante einer Mastschweinehaltung im Außenklimastall passt sich der Kistenstall mit planbefestigten und eingestreuten Betonflächen gut in ein 15 m breites Gebäude ein. Auch der etwas breiter gehaltene Mittelgang erlaubt das Einbringen von Stroh in Rundballenform, das von den Schweinen in den Kotgang gezogen wird, wenn das dort eingestreute Stroh „verbraucht" ist. Die Mindestbreite des Kotganges sollte 2,50 m nicht unterschreiten, um die Durchfahrt des Traktors mit Schiebeschild nicht zu sehr einzuengen. Für die Seitenwandausbildung dieses Stallsystems gelten die gleichen Voraussetzungen wie im vorhergehenden Modell beschrieben.

5 Vierreihiger Liegeboxenlaufstall mit seitlicher Außenfütterung

Neue Milchviehställe werden heute zu 90 % als Außenklimastall und in Größenordnungen von mindestens 60 Kühen errichtet. Ein Stallmodell dazu ist der vierreihige Liegeboxenlaufstall, der mit einer Gebäudebreite von 15 m gut auskommt (Abb. 3). Der Fressplatz mit ca. 3,50 Breite und der Futtertisch können als pultdachartige Konstruktion mit Teilüberdachung seitlich angehängt werden. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass die Liegehalle als Hauptgebäude in der Gebäudeproportion nicht allzu wuchtig ausfällt und sich so besser in die Umgebung einfügt. Giebelseitig können der Melkstand und die technischen Nebenräume in einem massiven und frostsicheren Gebäudeteil untergebracht werden. Die vierreihige Liegeboxenanordnung ist sehr kompakt und hat beim Einbau eines automatischen Melksystems den Vorteil, dass sich relativ einfach ein gelenkter Kuhverkehr einrichten lässt. Quergänge, die vom Liegeplatz zum Futtertisch führen, können beliebig angelegt und mit Einwegtüren versehen werden. Die Tierführung kann hier sehr flexibel gestaltet werden.

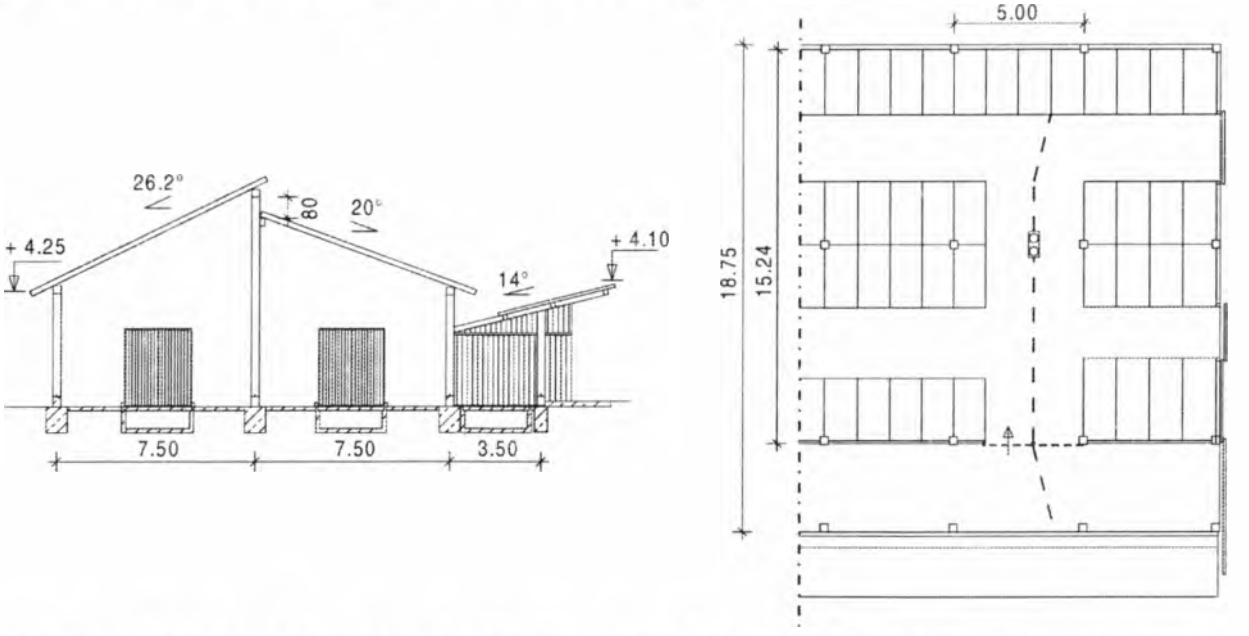


Abb. 3: Schnitt und Grundriss des 4-r.-Liegeboxenlaufstalles mit seitlicher Außenfütterung
Section and ground plan for an four row cubicle housing system feeding outside

6 Mutterkuhstall mit Tretmist und Strohlager

Es ist bekannt, dass die Mutterkuhhaltung keine großen Investitionen ertragen kann. Aber Altgebäude, die durch relativ geringe bauliche Veränderungen brauchbar hergerichtet werden können, stehen meistens am falschen Platz. So bleibt oft nichts anderes übrig, als ein neues Gebäude bei den Weideplätzen zu errichten. In einem 15 m breiten Baukörper können der Strohlagerplatz, die schiefe Ebene für den Liege- und Tretmistbereich und der Fressplatz untergebracht werden. Der seitlich am Gebäude liegende Futtertisch wird von einem 2,50 - 3,00 m auskragenden Vordach geschützt. Bei einer Traufhöhe von 4,25 steht genügend Luftraum zur Verfügung, zumal die Futtertischseite offen bleibt. Wird das Bodenprofil der Halle so angelegt, dass die „schiefe Ebene" ohne größere Probleme beseitigt werden kann, dann steht einer späteren Nutzung als Abstellhalle nichts im Weg, wenn die Tierhaltung aus betrieblichen Gründen aufgegeben wird (Abb. 4).

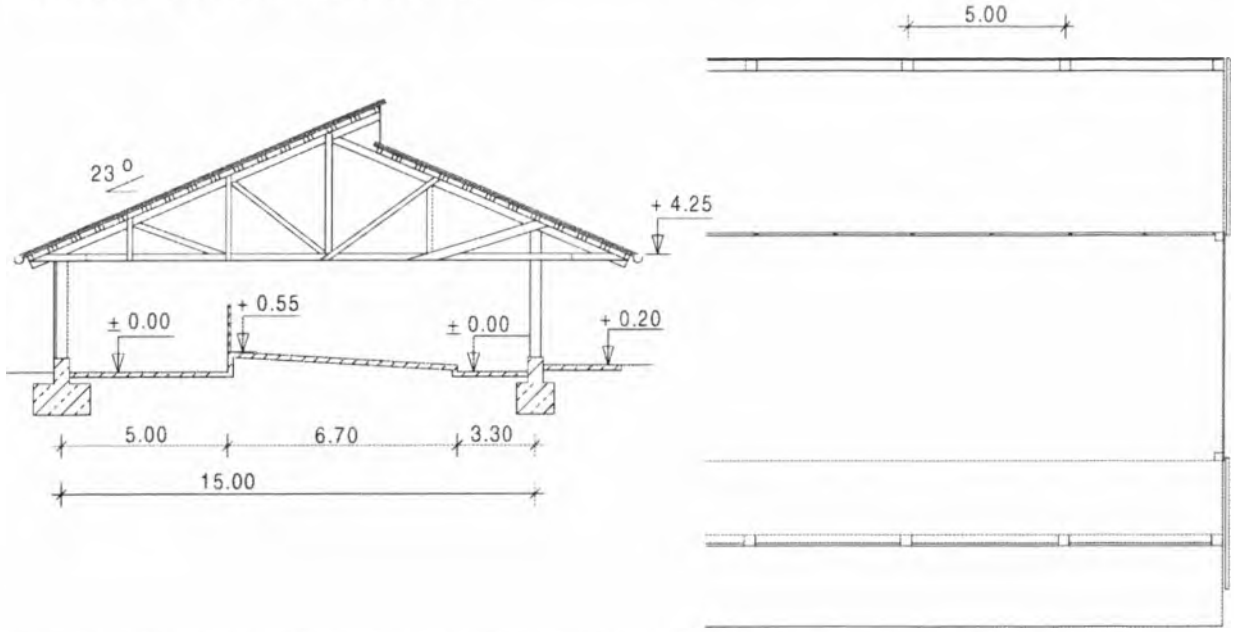


Abb. 4: Schnitt und Grundriss für einen Mutterkuhstall mit Tretmist und Strohlager
Section and ground plan for a sloping floor shed for suckling cows and straw storage

Universal buildings in agriculture – Possibilities and limits

RITTEL, LEONHARD

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85350 Freising, Germany

In agriculture buildings for similar use are typically constructed according to individual ground plans. Subsequently the costs for individual design are much bigger than for standard types. In this paper an attempt is made, to show the possible diverse usage of a standard type agricultural building with the width of 15 m and the height of the wall of 4.25 m without limit in the function. Nine basic possibilities are shown. If it would be possible to agree on standard types the tenders of buildings are become more comparable. In consequence the costs for agricultural standard types would decrease. Diversity has to be paid by a high price.

Bremswirkung von Windschutzanlagen für Außenklimaställe

EPINATJEFF, PETER, TOBIAS BOHL UND THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart

1 Einleitung und Problemstellung

Der Zwang zu niedrigen Bau- und Betriebskosten führt zum Bau von Außenklimaställen in der Rinder- und Schweinehaltung. Die Anforderungen an die Gebäudehülle von Außenklimaställen beschränken sich im wesentlichen auf den Schutz vor produktivitätsmindernden Witterungseinflüssen, wie Feuchtigkeit und Zugluft. Der Einsatz von Windschutzvorrichtungen, wie Windschutznetzen und Spaceboards, dient der Vermeidung von hohen Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich. Bisherige Untersuchungen ermittelten die Reduzierung der Luftgeschwindigkeit an kleinmaßstäblichen Modellen im Windkanal (JOUBOURG 1988). Nur VAN CAENEGEM UND SCHMIDLIN (1998) untersuchten an einem Modell im technischen Maßstab die Raumströmung hinter der Öffnung eines Fenstersegmentes unter senkrechter Anströmung. Um realistische Aussagen über die Windbremswirkung dieser Anlagen treffen zu können, müssen auch unterschiedliche Windrichtungen, Schräganströmungen, berücksichtigt werden.

2 Material und Methoden

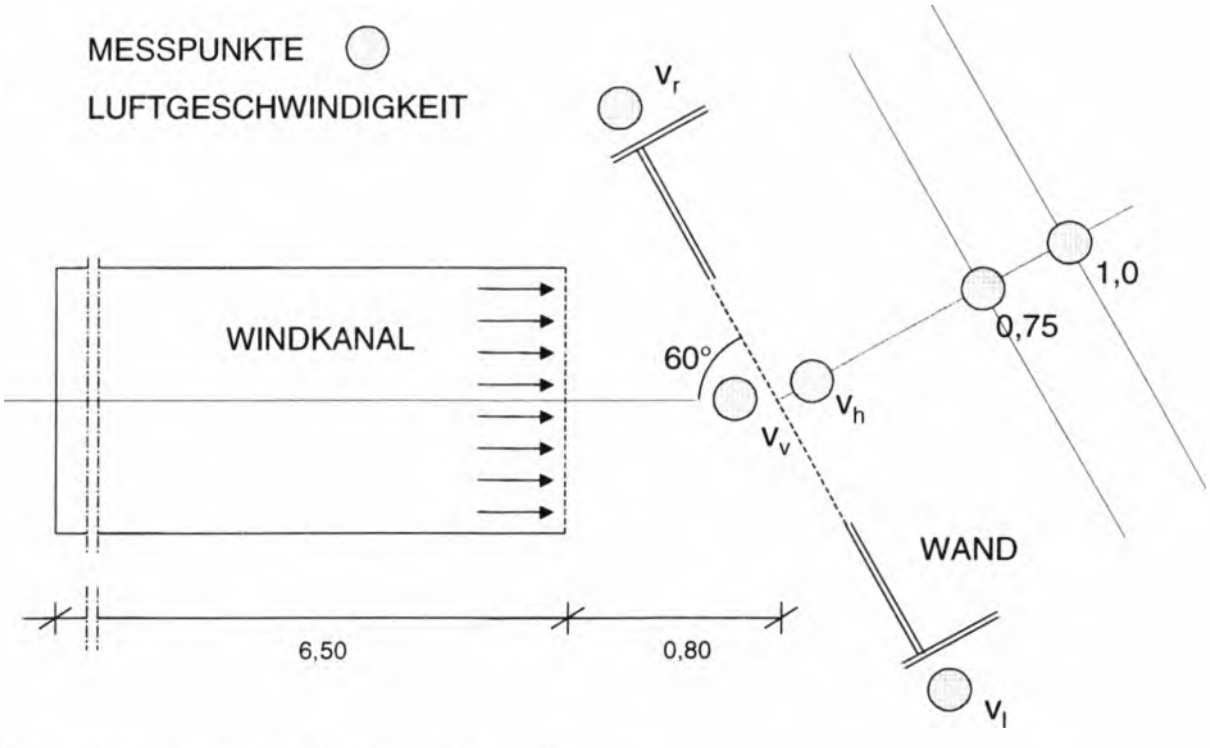


Abb.1: Grundrissskizze des Versuchsstands
Ground plan of experimental plant

Bei den Messungen zur Reduzierung der Windeinflüsse aus verschiedenen Richtungen wurde auf den bestehenden Versuchsstand der FAT/Tänikon zurückgegriffen (Abb. 1).

Am Ende des Windkanals (0,8 m x 1,0 m x 6,5 m) erzeugt ein Lüfter einen Luftstrom von 10,5 m^3/h, das entspricht einer Luftgeschwindigkeit von ca. 5 m/s oder 18 km/h. Vor der Öffnung des Windkanals steht in 0,8 m Abstand ein Kulissenelement aus Spanplatten (2,8 m x 1,8 m), das einen Teil der Stallwand einschließlich Dachüberstand simuliert. In dieser Wand befindet sich eine Fensteröffnung mit der Größe des Windkanals. Die Öffnung wird jeweils mit dem zu prüfenden Windschutznetz oder Spaceboard versehen. Es wurden die gleichen Windschutzanlagen untersucht, wie sie VAN CAENEGEM UND SCHMIDLIN (1998) in seiner Messreihe aufgenommen hat, um eine Vergleichbarkeit mit bisherigen Versuchsergebnissen zu erhalten

Mit sechs Hitzdrahtanemometern in den Höhen zwischen 0,5 m und 2 m an einem verschiebbaren Metallgitter wurden die Luftgeschwindigkeiten in 0,75 m bis 2 m Abstand senkrecht zur Wand hinter dem Windschutz gemessen. Die an der Versuchswand angebrachten Windschutzvarianten wurden unter 90°, 60° und 45° angeströmt. Zusätzlich wurde diese Wand ohne Windschutz gemessen. Die gemessenen Werte dienen so dem relativen Vergleich der verschiedenen Schutzvorrichtungen untereinander. Die Messergebnisse im „Tierbereich" in 1,1 m Höhe und 1 m Abstand von der Stallwand sind in der Tabelle 1 angegeben.

Tab. 1: Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich
Air velocity in animalsphere

Windschutzvorrichtung			Beschreibung	Anströmwinkel		
				90 °	60 °	30°
	Porosität	%		m/s	m/s	m/s
	ohne Windschutz	100		1,56	1,19	0,43
Windschutznetze	Celloplast BV90	22	grünes Polyestergewebe, verschweißt, Lochweite 1 x 1 mm	0,43	0,31	0,31
	Celloplast BV70	58	grünes Polyestergewebe, nicht verschweißt	1,09	0,56	0,38
	Adic BVF	21,5	grünes Polyestergewebe, verschweißt, Lochweite 0,9 x 0,9 mm	0,30	0,30	0,32
	Galebr. Farmflex HP	10	grünes Polyestergewebe, verschweißt, Lochweite 0,9 x 0,9 mm	0,22	0,25	0,41
	Celloplast GV80	29,5	braunes PE-Gitter, ovale Löcher 8 x 5 mm	0,44	0,24	0,34
	Celloplast GV90	23,5	braunes PE-Gitter, runde Löcher 8 mm	0,63	0,31	0,38
Spaceboards	Spaceboard 25 mm	20	Holzbretter roh, 100 x 25 mm, Schlitzbreite 25 mm	1,71	1,24	0,62
	Spaceboard 20 mm	16,5	Holzbretter roh, 100 x 25 mm, Schlitzbreite 20 mm	0,84	0,42	0,34
	Spaceboard 15 mm	13	Holzbretter roh, 100 x 25 mm, Schlitzbreite 15 mm	1,07	0,34	0,36

3 Ergebnisse

Diese Untersuchung bestätigte die Ergebnisse der Messungen zur Bremswirkung von Windschutzvorrichtungen unter senkrechter Anströmung der FAT (VAN CAENEGEM UND SCHMIDLIN 1998). Die Versuchsreihe wurde um die Schräganströmung unter Winkeln von 45° und 60° erweitert. Ein Teil der Ergebnisse ist in Tabelle 1 festgehalten. Spaceboards verfügen über schlechtere windbremsende Eigenschaften als Windschutznetze. Trotz vergleichbarer Porositäten (Celloplast GV 90, Abb. 2) wurden im Tierbereich höhere Luftgeschwindigkeiten gemessen als bei Windschutznetzen. Das zeigt, dass neben der Porosität einer Windschutzvorrichtung die Geometrie der Luftdurchlässe eine entscheidende Rolle für die Bremswirkung spielt. Bei Spaceboards hat die Verbreiterung der Schlitze eine deutlich schlechtere Bremswirkung zur Folge.

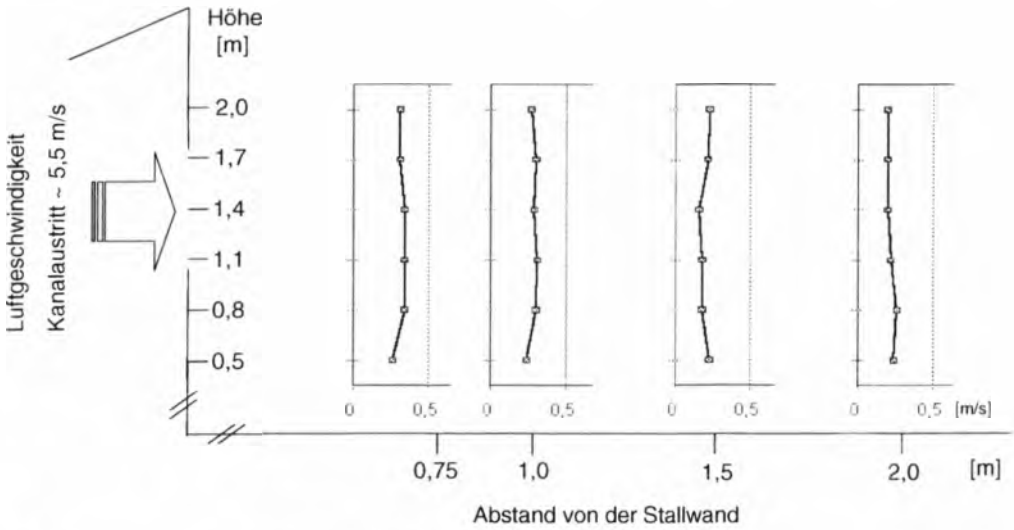


Abb. 2: Celloplast GV 90, Anströmung 60°
Celloplast GV 90, air flow 60°

Daneben ist für die Bremswirkung von Windschutzeinrichtungen der Anströmwinkel entscheidend. Bei Windschutznetzen geringer Porosität werden im Tierbereich auch unter Schräganströmung keine Luftgeschwindigkeiten gemessen, die im Zugluftbereich liegen, bei Spaceboards mit großen Schlitzweiten sind noch in 3 m Abstand von der Wand Luftbewegungen nachweisbar (Abb. 3).

Aufgrund der unterschiedlichen windbremsenden Eigenschaften empfiehlt es sich, Spaceboards und Windschutznetze in verschiedenen baulichen Bereichen einzusetzen. Netze mit einer Porosität von bis zu 25 % können also ohne Zugerscheinungen im Tierbereich eingesetzt werden. Netze mit einer deutlich höheren Porosität und Spaceboard-Elemente sollten in mindestens 2 m Abstand vom Liegeplatz des Tieres eingebaut werden. Sie ermöglichen aber auch eine ausreichende Luftspülung des Stalles im Sommer.

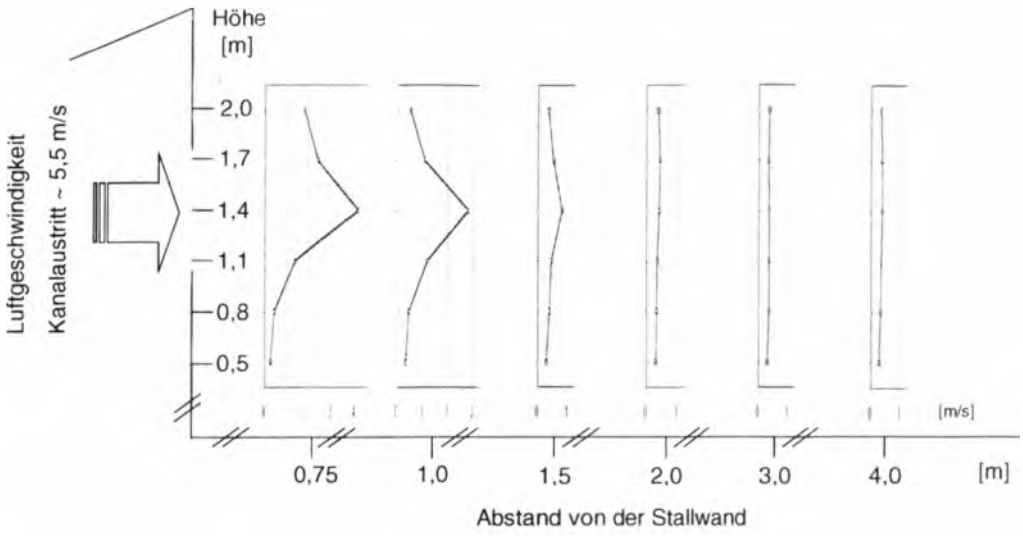


Abb. 3: Spaceboard 25 mm, Anströmung 60°
Spaceboard 25 mm, air flow 60°

4 Literatur

JOUBOURG, J.: Les filets brise-vents. Cemagref, BTMA Nr. 29, Mai 1988, S. 11 - 17

VAN CAENEGEM, L. UND A. SCHMIDLIN: Windschutz in Außenklimaställen. FAT-Bericht 526, CH-Tänikon, 1998

Braking effect of windshelter for natural ventilated stables

EPINATJEFF, PETER, TOBIAS BOHL AND THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart, Germany

Low cost housing in animal production leads to construction of natural ventilated animal houses. The use of systems for wind shelter and braking, as nets and spaceboards, will reduce ventilation speed in the surrounding of animals. Nets with a porosity of up to 25 % can be used without any draught in the sphere of animals. Spaceboard elements should be used in at least 2 m distance of the animals lying area. In regard of their different wind braking effects, they should be used in separate building areas.

Konzepte und Systeme für ein energiearmes und kontrolliertes Stallklima bei verschiedenen Schweinehaltungsformen mit kleinen und großen Tiergruppen

VAN ERP, CHRIS

Fancom B.V., Postfach 7131, NL-5980 AC Pantinen, Niederlande

1 Einleitung

Das Ventilieren der Tierabteile hat immer viel Aufmerksamkeit gehabt. In der Vergangenheit hat der Schwerpunkt besonders auf eine gute Beherrschung der Lüftung gelegen. Hierfür wurden regelbare Ventilatoren, Diaphragmaschieber und in den letzten Jahren auch Messventilatoren angewendet. Dabei wurde hauptsächlich nach Systemen mit relativ niedrigen Investitionen gesucht. Mit der Anwendung dieser neuen Systeme und der teurer werdenden Energie, ist auch der Energieverbrauch für die Lüftung immer mehr Thema für neue Entwicklungen. Dies hat zu Produkten wie Frequenzregler für die Steuerung von Ventilatoren und EC-Ventilatoren mit Gleichstromtechnik geführt. Auch natürliche Lüftung gewinnt wieder an Popularität. Anschließend werden diese Techniken in der Praxis getestet und folgen Einsparungszahlen, die auf Erfahrung im Feld basieren.

Zweck dieses Beitrags ist, das Ganze von der anderen Seite anzugehen. Das heisst, wir fangen mit Lüftungsständen an und wählen dabei ein Lüftungssystem bzw. -technik, das zur höchsten Einsparung für jene Situation führt. Letztlich wird sich zeigen, dass damit große Energieeinsparungen möglich sind.

2 Gewünschte Lüftung

Die Berechnung des Energieverbrauchs ist ganz einfach. Pro Lüftungsstand müssen die Anzahl Drehstunden und der Stromverbrauch bekannt sein. Der Energieverbrauch pro Lüftungsstand ist dann das Produkt aus Drehstunden und Verbrauch. Die Summierung über alle Lüftungsstände erbringt den Jahresverbrauch. Ausgangspunkt für diesen Beitrag ist jetzt nicht der Stromverbrauch pro Lüftungsstand, sondern die Anzahl Drehstunden pro Lüftungsstand.

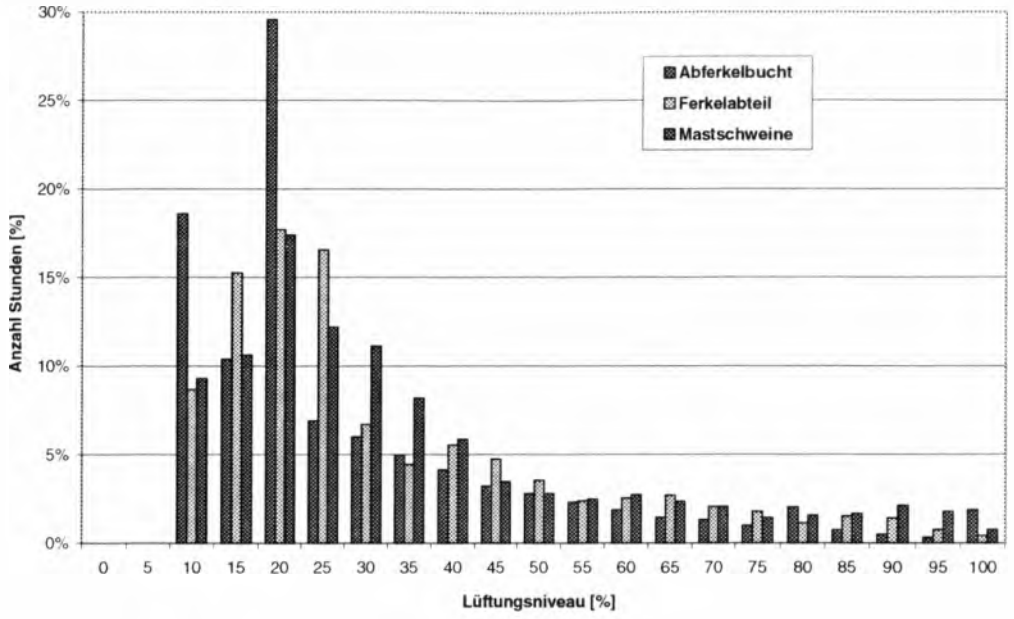
In diesem Beitrag ist für drei verschiedene Kategorien, nämlich abferkelnde Sauen, Ferkel und Mastschweine, die Verteilung der Lüftungsstände über das Jahr wiedergegeben. Diese Daten stammen aus Simulationen, die an der Katholischen Universität Leuven (B) gemacht wurden. Die Gültigkeit dieser Daten ist auf die westeuropäische Länder: Deutschland, Belgien, die Niederlande und Frankreich beschränkt.

Anhand dieser Graphiken kann sehr schnell geschlossen werden, dass die größte Anzahl Drehstunden bei den niedrigen Lüftungsständen vorkommt. Energieeinsparungen werden dann auch den meisten Effekt haben, wenn diese bei niedrigen Lüftungsständen stattfinden.

3 Energieeinsparungsmöglichkeiten

Mit dieser Verteilung der Lüftungsstände kann nach Systemen gesucht werden, die gerade bei

niedrigen Lüftungsständen Energie einsparen. Im Folgenden sind zwei, ganz verschiedene Systeme beschrieben, die letztendlich zu einem vergleichbaren Ergebnis führen.



3.1 NatuFlow

Bei niedrigen Lüftungsständen sehen wir oft, dass sich die natürliche Lüftung als Folge von Thermik erfüllt, um die gewünschte Lüftung zu erreichen. Unter bestimmten Umständen müssen wir sogar mit einer Regelklappe die Öffnung kleiner machen, um die natürliche Lüftung zu beschränken! Hier liegt die Basis für NatuFlow. Um für hinreichende Thermik zu sorgen, kann maximal von natürlicher Lüftung Gebrauch gemacht werden. Die Thermik kann durch einen hinreichend großen Höhenunterschied zwischen Zuluft und Abluft und durch eine große Oberfläche insbesondere der Abluftöffnung vergrößert werden.

Die Konsequenzen einer erhöhten Thermik sind einfach: Je größer die Thermik, desto weniger Arbeit wird durch den Ventilator geliefert und desto niedriger ist der Energieverbrauch des Ventilators. Dieser Effekt wird noch durch das Abschalten des Ventilators verstärkt, wenn die Thermik ausreicht um das Lüftungsbedürfnis zu versehen. Kurzum, eine sehr energieeffiziente Arbeitsweise, gerade bei niedrigen Lüftungsständen, die oft vorkommen.

Dies ist aber nicht der letzte Vorteil von NatuFlow. Es ist nämlich bekannt, dass durch Vergrößerung der Abluftöffnungsoberfläche die Thermik vergrößert werden kann. Dies kann sehr einfach durch Anwendung eines Lüftungskamins mit einem großen Durchmesser erreicht werden. Ein größerer Durchmesser der Lüftungskamine bedeutet aber auch, dass ein anderer Typ Ventilator angewendet werden kann, nämlich ein Ventilator mit einer relativ kleinen Leistung in Verhältnis zu dem Durchmesser. Der verwendete Ventilator hat eine sehr niedrige spezifische Leistung. Der Energieverbrauch kann also hiermit noch weiter reduziert werden.

Unentbehrlich für dieses Lüftungssystem ist eine Luftmengenmessung. Diese wird über die ganze Lüftungsstrecke angewendet, also auch wenn nur natürlich ventiliert wird. Einzigartig hierbei ist also die Tatsache, dass sogar die natürliche Lüftung völlig kontrolliert stattfindet. In der Vergangenheit war dies einer der Nachteile der natürlichen Lüftung, die entweder zu zu wenig Lüftung oder höheren Heizungskosten durch zuviel Lüftung führte!

Es kann geschlossen werden, dass NatuFlow die Vorteile von natürlicher und mechanischer Lüftung kombiniert. Bei niedrigen Lüftungsständen, die am meisten vorkommen, genügt meis-

tens natürliche Lüftung. Erst wenn diese nicht ausreichend ist, wird der Ventilator für mechanische Unterstützung eingeschaltet. Das Ergebnis ist eine erhebliche Energieeinsparung. In Kapitel 4 wird diese Einsparung weiter quantifiziert.

3.2 EC-Combi

EC-Combi ist ein ganz anderes Lüftungssystem. Eine Übereinstimmung gibt es aber, dass nämlich auch bei niedrigen Lüftungsständen ein viel niedriger Energieverbrauch realisiert wird. Dieser niedrige Energieverbrauch wird durch Anwendung von EC-Ventilatoren erreicht. Bei höheren Lüftungsständen werden andere Ventilatoren angewendet. Diese Ventilatoren kennzeichnen sich durch niedrige Investitionen.

Der EC-Combi kann in verschiedenen Lüftungssystemen für verschiedene Schweinehaltungssysteme angewendet werden. Wenn von traditionellen Schweineabteilen mit einem zentralen Absaugsystem ausgegangen wird, kann für die zentrale Lüftung das EC-Combi-System angewendet werden. Bei niedrigen Lüftungsständen drehen sich dann nur die EC-Ventilatoren. Darüber hinaus werden normale 3-Phasen-Ventilatoren hinzugeschaltet. Das Ergebnis ist ein erheblich niedrigerer Energieverbrauch.

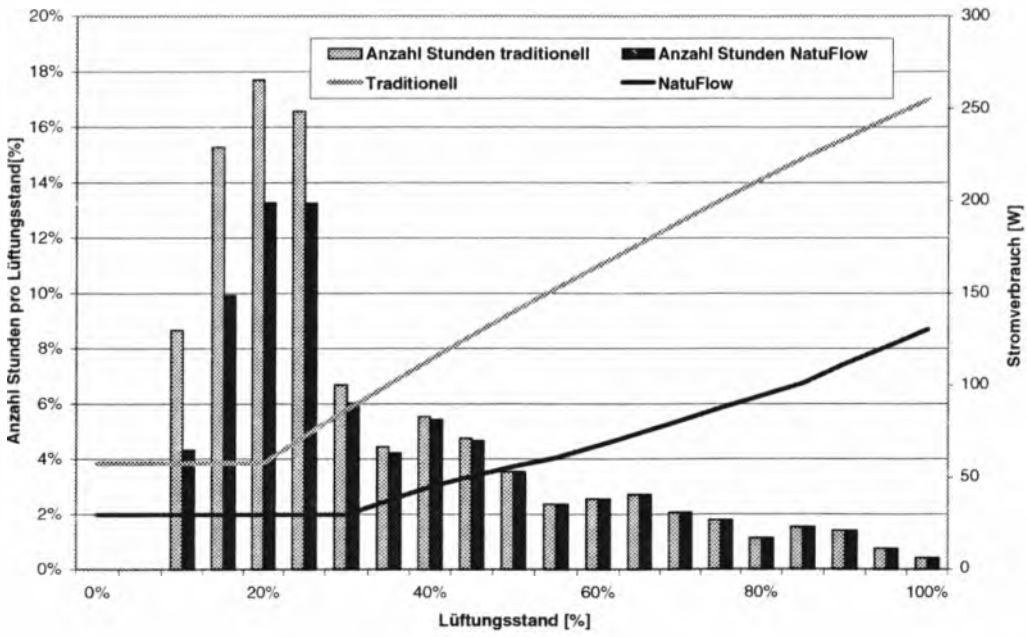
Wenn größere Tiergruppen in einem Abteil aufgestallt werden, ist es interessant pro Abteil ein EC-Combi-System anzuwenden.

4 Ergebnisse

4.1 NatuFlow

Bei NatuFlow werden die Energieeinsparungen durch drei Sachen erreicht: mehr natürlicher Zug, Ausschalten des Ventilators und ein niedrigerer Energieverbrauch des Ventilators.

Als Beispiel dient ein Abteil mit 200 Ferkel. In der folgenden Abbildung ist die Anzahl Drehstunden für mechanische Lüftung und der dazu gehörende Stromverbrauch der Ventilatoren bei verschiedenen Ventilatorständen wiedergegeben.



Wenn diese Situation weitergerechnet wird, kommen wir traditionell auf einem Energieverbrauch von 840 W. Mit dem NatuFlow System wird der Energieverbrauch auf 320 W reduziert. Dies ist eine Einsparung von gut 60 %. Dies bringt eine Jahreseinsparung von NLG 104,-- ein. Da die Mehrinvestitionen nur NLG 191,-- betragen, amortisiert sich das System innerhalb von 2 Jahren.

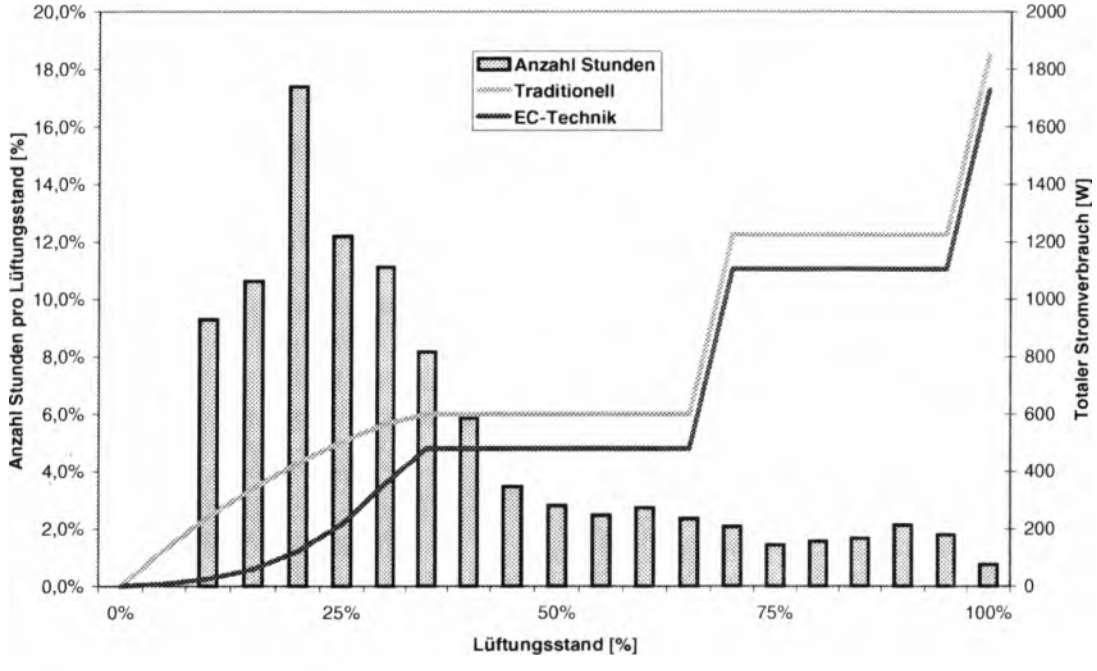
4.2 EC-Combi

Unterstehend ist ein Rechnungsbeispiel für eine Gruppe von 360 Mastschweine wiedergegeben. Der Stall ist mit einem EC-Ventilator, Durchmesser 63, ausgestattet und es werden zwei 3-Phasen-Ventilatoren hinzugeschaltet.

In der Graphik ist der Stromverbrauch dieser Anlage sowie der Stromverbrauch einer ähnlichen Anlage mit einem Triac gesteuerten 1-Phasen-Ventilator statt eines EC-Ventilators wiedergegeben.

Wie schon in Kapitel 2 beschrieben, liegt die größte Anzahl Drehstunden bei den niedrigen Lüftungsständen, gerade dort wo der EC-Ventilator angewendet wird.

Aus diesen Daten kann bestimmt werden, wieviel der Jahresenergieverbrauch beträgt. Der Unterschied im Energieverbrauch führt zu NLG 457,-- niedrigeren Energiekosten. Der Unterschied in der Investition beträgt NLG 785,--. Hieraus kann berechnet werden, dass die Investition dieser Anlage innerhalb von 1,72 Jahren hereingebracht wird.



5 Zusammenfassung

Wenn von der Verteilung der Lüftungsstände über das ganze Jahr ausgegangen wird, kann bestimmt werden, wann und wo sich Energieeinsparungen am meisten lohnen. Durch das richtig gewählte Lüftungssystem, z.B. NatuFlow oder EC-Combi, sind erhebliche Energieeinsparungen möglich. Diese Einsparungen betragen 40 bis 60 %. Da die Mehrinvestitionen beschränkt sind, können diese innerhalb von zwei Jahren hereingebracht werden.

Beurteilung der raumklimatischen Wirkung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen und deren Anfälligkeit gegenüber mikrobiellem Befall*

WIELAND, HANSJÖRG; WULF GROTH UND FRANZ-JOSEF BOCKISCH

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

1 Zielstellung

Ziel der Untersuchungen waren eine Beurteilung der raumklimatischen Auswirkungen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen sowie deren Anfälligkeit gegen mikrobiellen Befall. Die Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen könnten ihren Anteil am Dämmstoffmarkt von derzeit 3 % wesentlich steigern, wenn Vorteile gegenüber den konventionellen Dämmstoffen für den Käufer klarer erkennbar sowie möglicherweise der z.Z. noch gegebene Preisvorteil der konventionellen Dämmstoffe durch einen größeren Produktionsmaßstab der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen korrigiert werden könnte oder die Umweltvorteile der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sich monetär ausdrücken würden.

Die Notwendigkeit der Untersuchung ergab sich aus mangelndem Kenntnisstand zum Feuchteverhalten dieser Dämmstoffe unter Praxisbedingungen mit der Folge der bisherigen Einbaupraxis mit einem weitgehenden Schutz der Dämmstoffe vor raumseitig eindringender Feuchte. Näher zu untersuchen war daher neben dem Potenzial der Raumklimabeeinflussung die Gefahr der Beschädigung der Dämmstoffe durch Feuchte sowie die Einbauvarianten, die diese Schäden bei gleichzeitiger Ermöglichung der Raumklimabeeinflussung vermeiden können.

2 Durchführung der Untersuchungen und Ergebnisse

Für die Untersuchungen in einer Zweiraumklimakammer wurde eine Auswahl von marktgängigen Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen getroffen. Dämmstoffe aus Flachs, Holzfasern und Schafwolle wurden parallel mit einem konventionellen Steinwolleprodukt untersucht. Alle Materialien sind zunächst verschiedenen Feuchtebelastungen ausgesetzt und danach auf ihren mikrobiellen Befall untersucht worden.

Die Ergebnisse legen nahe, dass Dämmstoffe aus den untersuchten Fasern bei sachgemäßer Verwendung (Verhinderung von Kondensatbildung bzw. Feuchtigkeiten über 90 % und Temperaturen über 25 °C) im allgemeinen nicht anfällig sind gegenüber Angriffen von Mikroorganismen. Ein deutlicher mikrobieller Befall mit Pilzen verschiedener Gattungen trat nur auf, wenn es im Verlaufe des Versuches zu einer Tauwasserbildung im Material kam.

Die Ansprüche des Menschen an das Raumklima sind durch ein Parameterfeld aus Lufttemperatur, relativer Feuchte, Oberflächentemperaturen und Luftbewegung gekennzeichnet. Untersucht wurde das Einflusspotenzial der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen auf das Temperatur- und Feuchteempfinden. Zusätzlich spielen Geruchs- und Schadstoffbelastungen der Raumluft eine Rolle. Allgemein wird hauptsächlich der Raumklimaeinfluss hinsichtlich der Raumluftfeuchte diskutiert, aber gerade hier bewertet der Mensch die Veränderungen recht tolerant. Mit Sorptionskurven wird das Feuchtesorptionsvermögen von

* gefördert durch das Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau

Baustoffen beschrieben. Dabei stellt die Steilheit der Sorptionskurve ein Maß des Potenzials zur Beeinflussung des hygrischen Raumklimas dar. Üblicherweise wird dabei nicht die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme (die natürlich für das Einflusspotenzial von besonderer Wichtigkeit ist) berücksichtigt, da jeweils die Ausgleichsfeuchten dargestellt werden, bei deren Erfassung der Zeitbedarf keinen Eingang in den Kennwert findet. Die Feuchteaufnahme der organischen Dämmstoffe übertrifft jedoch die der konventionellen um ein Mehrfaches, wie die Untersuchungen gezeigt haben.

Für die eigene Arbeit wurden die Isothermen der untersuchten Stoffe über den relevanten Temperaturbereich gemessen. Die Temperaturabhängigkeit der Werte ist nicht unerheblich, und wird in der Auswertung der Klimakammer-Messungen berücksichtigt. In der Versuchsreihe in der Zweiraumklimakammer wurden die Dämmstoffe in einer Prüfwand mit gleichem Aufbau (außen diffusionsoffen, innen variierte Dampfbremse, Dämmstoffstärke 12 cm, innen und außen verkleidet mit Holzwolleleichtbauplatte) verbaut und verschiedenen Testklimata ausgesetzt.

Zu sehen ist, wie träge der Dämmstoff (Holzfaser) sich auch in der oberflächennahen Schicht auf die variierten Feuchtewerte des jeweils angrenzenden Klimas einstellt (Abb. 1).

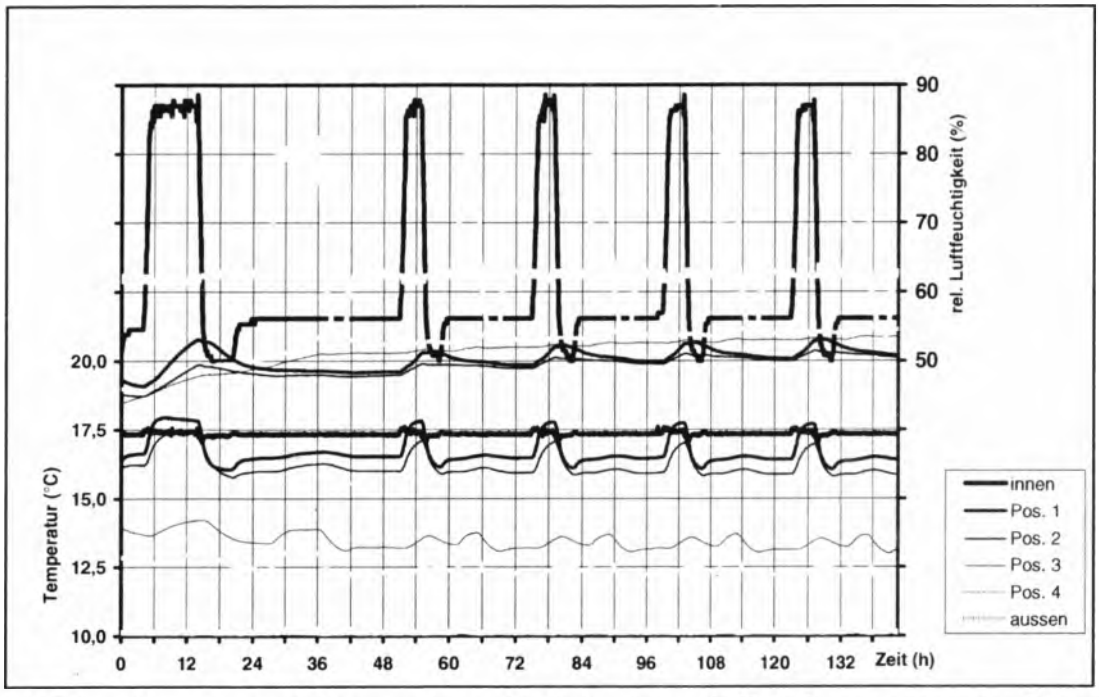


Abb. 1: Feuchte- und Temperaturverläufe in einer mit Holzfaser gedämmten Wand (Dampfbremse $s_d = 0{,}1$ m)
Moisture and temperature gradients in a wall insulated with wood fiber (vapour barrier $s_d = 0.1$ m)

Durch die hohe Adsorptionsfähigkeit des Stoffes bedeutet dies jedoch absolut bereits eine hohe Feuchteaufnahme. Steinwolle zeigt bei gleichem Prüfklima und gleicher Dampfbremse wesentlich höhere relative Feuchtewerte (und damit die Gefahr des mikrobiellen Befalls), ohne nennenswert absolut Feuchte aufzunehmen. Grundsätzlich zeigte sich, dass kritische Feuchten im Dämmstoff nicht erreicht wurden. Auch bis zu 10-stündige Phasen des Klimas (innen 85 % r.F./17 °C, außen 55 % r.F/10 °C) führten bei Dampfbremsen mit s_d-Werten von nur 0,1 m nur zu relativen Feuchten im Dämmstoff von ca. 58 % (Schafwolle), 55 % (Holzfaserplatten), unter 60 % (Flachsdämmstoff), während die relative Feuchte in der Steinwollevariante Werte biszu 62 % erreichte. Die Aufbauten mit Dampfbremsen zeigen ein Feuchteverhalten, das von

der starken Austrocknung der Dämmstoffe nach außen geprägt ist. Die Stoffe leiten die adsorbierte Feuchte so gut, dass sich die Feuchte schnell verteilen kann.

Ein wichtiger Beurteilungsmaßstab ist der Vergleich der in der Klimakammer untersuchten Aufbauten mit verschiedenen Materialien bezüglich ihrer beim gezeigten Klima erreichten Sorptionsgeschwindigkeiten. Die Aufnahmegeschwindigkeit der Holzfaserplatten liegt wesentlich über der anderen Materialien; Flachs und Schafwolle liegen bei ca. 1/3 der Werte der Holzfaser, während die Mineralfaser praktisch keine Feuchteaufnahme zeigt (Abb. 2).

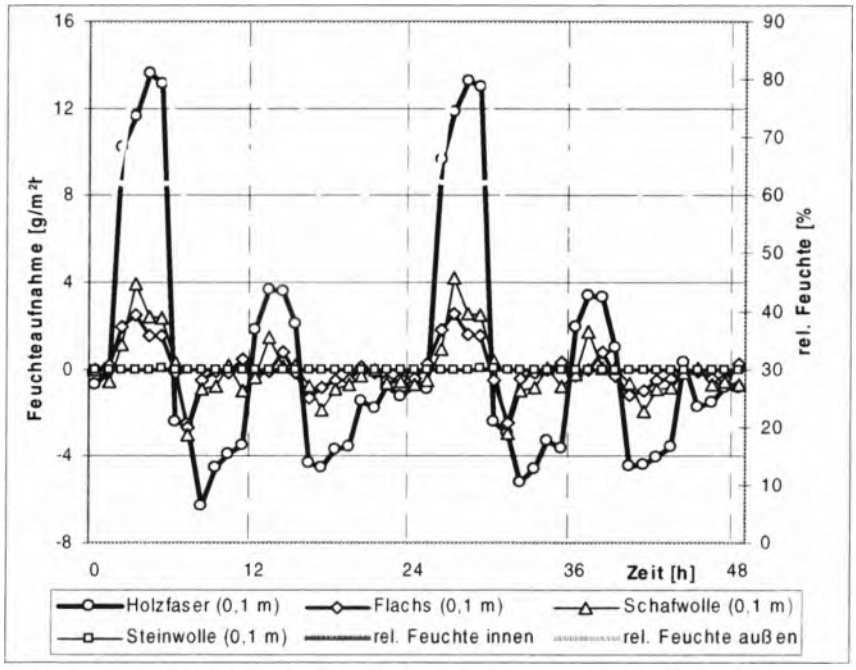


Abb. 2: Vergleich der Feuchteaufnahmegeschwindigkeit verschiedener Dämmstoffe im Wandaufbau, (s_d–Wert der Dampfbremse) Dämmstoffdicke 12 cm, rel. Feuchte (Temperaturen konstant innen 17,5 °C, außen 10 °C)

Fig. 2: Comparison of the humidity adsorption rate of different insulating materials in the wall construction, (s_d value of the vapour barrier) insulating material thickness 12 cm, rel. humidity (temperatures constant, interior 17,5 °C, external 10 °C)

Es zeigt sich, dass auch der Dämmstoff hinter der Holzwolleleichtbauplatte und einer Dampfbremse im Wandaufbau noch im Feuchteaustausch mit der Raumluft steht. Je nach Dämmstoff werden im Versuch bei Steigerung der relativen Raumluftfeuchte von etwa 55 % auf Werte um 85 % Austauschraten von 4 bis 14 g/(m²· h) erreicht (Steinwolle: weniger als 0,15 g/(m²· h)). Damit lässt sich beispielsweise ein Feuchtepuffereffekt für die Feuchteabgabe einer Person, typischer Wert hier ca. 35 g/h, mit einer vertretbaren beteiligten Flächengröße erreichen. Eine kurzfristige Luftfeuchteerhöhung (Kochen, Duschen) ist ebenfalls ausgleichbar. Auch die Verringerung der relativen Raumluftfeuchte durch Lüftung mit trockener Luft im Winter lässt sich grundsätzlich hinsichtlich Austauschgeschwindigkeit und Speichervermögen effektiv kompensieren.

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Ein Einfluss von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen auf das Raumklima kann nach der Untersuchung als prinzipiell gegeben angesehen werden. Dieser Einfluss hängt erwartungsgemäß von der gegebenen Höhe der Diffusionsoffenheit des inneren Aufbaus zwischen Dämmstoff und Raumluft ab. Für Flachs und Schafwolle hat sich der Einfluss der Stärke

der Dampfbremsen im Bereich zwischen 0,1 und 0,5 m als gering gezeigt. In der mikrobiologischen Untersuchung der Stoffe im Spektrum der Temperaturen und Feuchtewerte wurde deutlich, dass die Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wesentlich höhere Feuchtebelastungen schadlos vertragen als bisher angenommen.

Dieses Ergebnis bedeutet eine wesentliche Verbesserung der Chancen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen am Markt. Der von Herstellern häufig unterstellte positive Einfluss der Dämmstoffe auf das Feuchteverhalten ist nach den Untersuchungen im erfassten Bereich berechtigt, auch wenn sich aufgrund der komplexen Zusammenhänge in der Beurteilung des Raumklimas durch den Menschen selbst das Ergebnis zahlenmäßig nicht ohne weiteres ausdrücken lässt. Weitere Arbeit ist notwendig, um den Einfluss verschiedener Herstellungsverfahren auf die Höhe der Feuchteaufnahme sowie die Sorptionsgeschwindigkeit besser quantifizieren zu können.

4 Literatur

BOCKISCH, F.-J.; H. WIELAND, W. GROTH UND D.P.L. MURPHY (2000): Beurteilung der raumklimatischen Wirkungen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 221, ISBN 3-933140-43-9

Evaluation of the effect of insulating materials from renewable raw materials on the room climate and their susceptibility in relation to microbial infestation

WIELAND, HANSJÖRG; WULF GROTH AND FRANZ-JOSEF BOCKISCH

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

Criterion to the user interference into the room climate through ventilation is usually the perception of "used up" air, not regarding loads by smelling materials of different origin, while the air change becomes hygienically necessary only after the reduction of the oxygen content of the air. A ventilation due to a humidity load with a resulting unpleasant feeling of air dampness that is made to early, before added moisture can be absorbed by surfaces, results in unnecessary loss of energy. This can be reduced by the described humidity buffering effect. Taken the results of investigation, the influence of insulating materials from renewable raw materials on the room climate must be regarded as given. As was to be expected this influence depends on the value of the diffusion openness of the internal structure between insulating material and room air. For flax and sheep wool the influence of the strength of the vapour barriers showed to be small in the range between 0,1 and 0,5 m. In the microbiological investigation of the materials in the spectrum of temperature and humidity it became clear that the insulating materials from renewable raw materials can stand substantially higher humidity loads without damages than suspected so far. This result means a substantial improvement for the distribution of insulating materials from renewable raw materials on the market. Hope on positive influence of the insulating materials, commonly heard from manufacturers, is justified after the investigation, even if due to the complex connections in the evaluation of the room climate by humans itself the result cannot be so easily expressed in terms of figures. Further work is necessary, in order to be able to quantify the influence of different manufacturing processes on the height of the humidity admission as well as the sorption rate.

Automatische Melksysteme (AMS) in der Praxis - Bestandsaufnahme in Bayern

SEDLMEYER, FELIX[1], GEORG WENDL[2] UND HANS SCHÖN[3]

[1] Landtechnischer Verein in Bayern e.V., Vöttinger Str. 36, 85354 Freising
[2] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan
[3] Lehrstuhl für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan

1 Zielsetzung

Die meisten bisherigen Untersuchungen zum automatischen Melken wurden in Versuchsbetrieben durchgeführt. Damit lassen sich zwar grundlegende Fragestellungen klären, betrachtet man jedoch die sehr heterogenen Verhältnisse in Praxisbetrieben, so stellt sich die Frage, in wie weit sich diese unter definierten Versuchsbedingungen gewonnenen Erkenntnisse auf die Praxis übertragen lassen. Ziel der Untersuchungen war es deshalb, den Einsatz von automatischen Melksystemen in praktischen Milchviehbetrieben in Bayern näher zu untersuchen. Neben einer Einschätzung der Systeme durch die Landwirte wurde eine besondere Aufmerksamkeit auf die Auslastung der einzelnen Systeme gelegt.

2 Material und Methoden

Grundlage für die Untersuchung bildeten 22 bayerische Praxisbetriebe, von denen 18 eine Einboxenanlage der Firma Lely, 3 eine Einboxenanlage der Firma Lemmer-Fullwood und 1 Betrieb eine Zweiboxenanlage der Firma Prolion installiert hatten. Im Frühjahr 2000 wurden mit Hilfe eines Fragebogens in einem persönlichen Gespräch mit dem Betriebsleiter bzw. mit der für das AMS zuständigen Person neben den allgemeinen Betriebs- und Stallsystemdaten die bisherigen Erfahrungen des Landwirts und seine Beweggründe für die Umstellung auf automatisches Melken erfasst. Zu verschiedenen Systembereichen wurden Kritikpunkte und Verbesserungsvorschläge aus der Praxis aufgenommen.

Neben diesen eher subjektiv einzuordnenden Daten konnte parallel zur Umfrage bei 17 Betrieben ein Backup der Herdenmanagementprogrammdaten ausgewertet werden. Diese objektiven Daten wurden zur Einordnung der Umfrageergebnisse und statistischen Auswertung verschiedener Aspekte verwendet. Zusätzlich wurden anonymisierte Daten zur Milchleistung und -qualität analysiert. Von einem Vergleich der Systeme der einzelnen Hersteller wurde aufgrund der unterschiedlichen Betriebszeiten und Anlagenzahlen abgesehen.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse aus der Betriebsleiterbefragung

Im Durchschnitt wurden 47 Kühe mit einer Jahresleistung von 6.700 kg gemolken. Als Stallsystem wurde bei der Hälfte der Betriebe eine vierreihige Aufstallung gewählt, über 2/3 der Melksysteme sind in Neubauten installiert. Eine Anordnung des Melkbereichs in den Liegeboxenreihen ist die Ausnahme.

Mit 77 % hat sich die Mehrheit der Betriebsleiter nach der im Mittel 2 Wochen dauernden Umstellung der Herde für einen freien Kuhverkehr entschieden. Es wurde jedoch betont, dass hierfür Voraussetzung ist, dass alle Tiere, die zusätzlichen Arbeitsaufwand verursachen, unabhängig von ihrer Milchleistung auszuselektieren sind. Dadurch verminderte sich der mittlere Arbeitszeitbedarf für mit dem Melken zusammenhängende Tätigkeiten nach der Umstellung um 2,5 h auf 1,5 h pro Tag. Dies spiegelt sich auch bei den Gründen für die Anschaffung eines automatischen Melksystems wider. Ein häufiger Anlass waren neben notwendigen Neuinvestitionen in Gebäude und Technik vor allem Änderungen im Arbeitskraftbesatz der Betriebe.

Der Großteil der Landwirte bewertete die Auswirkungen des Melksystems positiv. Das Gefühl der Arbeitserleichterung hängt signifikant von dem vorher verwendeten Melksystem ab. Als allgemeiner Kritikpunkt bleiben jedoch die hohen Kosten von Ersatz- und Verschleißteilen. Insgesamt zeichnet sich ab, dass der Aspekt „Lebensqualität" auch im landwirtschaftlichen Bereich einen immer höheren Stellenwert bekommt.

3.2 Auswertung der Herdenmanagementprogrammdaten

Abbildung 1 zeigt die Auslastung der Anlagen. Tendenziell lassen sich verschiedene Einflussparameter auf die Systemauslastung erkennen. Als Beispiel soll hier der mittlere Milchfluss bei den Betrieben 4, 5 und 10 genannt werden. Obwohl die Anzahl der Melkungen mit 130 bei allen drei gleich ist, schwankt die freie Kapazität zwischen 37% (Betrieb 5: Milchfluss 2,1 kg/min) und 4 % (Betrieb 10: Milchfluss 1,3 kg/min). Zusätzlich verschärft wird das Kapazitätsproblem bei Betrieb 10 durch einen großen Anteil von Tieren mit niedriger Milchleistung. So bleibt die Tagesproduktion um 400 kg unter dem Ergebnis von Betrieb 5, gleichzeitig führt die Herdengröße zu einer niedrigeren durchschnittlichen Melkfrequenz.

Trägt man die Gesamtbesuche beziehungsweise Melkungen pro Tier und Tag über der Anzahl der gemolkenen Kühe auf, so zeigt sich, dass mit steigender Auslastung die Gesamtbesuche überproportional im Vergleich zu den erfolgten Melkungen abnehmen. Eine zu hohe Auslastung machte sich bei der Auswertung der Herdenmanagementdaten zunächst immer bei rangniedrigen Tieren bemerkbar. Folgen waren beispielsweise Melkungen zu Ruhezeiten (z.B. 3:00-4:00 morgens), unregelmäßige Zwischenmelkzeiten und Leistungseinbrüche. Für eine hohe Milchleistung scheint ein gleichmäßiger Tagesrhythmus Voraussetzung zu sein. Um diese Annahme zu prüfen, wurde die Summe der ersten beiden Modalwerte der Zwischenmelkzeitverteilung mit der Milchleistung des jeweiligen Tiers in Beziehung gesetzt. Dabei ergab sich bei gering ausgelasteten Systemen mit freiem Kuhverkehr ein z.T. hoch signifikanter Zusammenhang. Bei Herdengrößen an der Kapazitätsgrenze mussten dagegen Problemtiere (ca. 6 - 15 % der Herde) aus dem statistischem Modell herausgenommen werden, um eine signifikante Beziehung zu erreichen. Die Herdenzusammensetzung spielt somit für ein optimales freies „voluntary milking" eine nicht zu unterschätzende Rolle. Bei Betrieben mit gelenktem wie auch teilgelenktem Kuhverkehr konnte dagegen kein signifikanter Zusammenhang zwischen Zwischenmelkzeitverteilung und Milchleistung festgestellt werden.

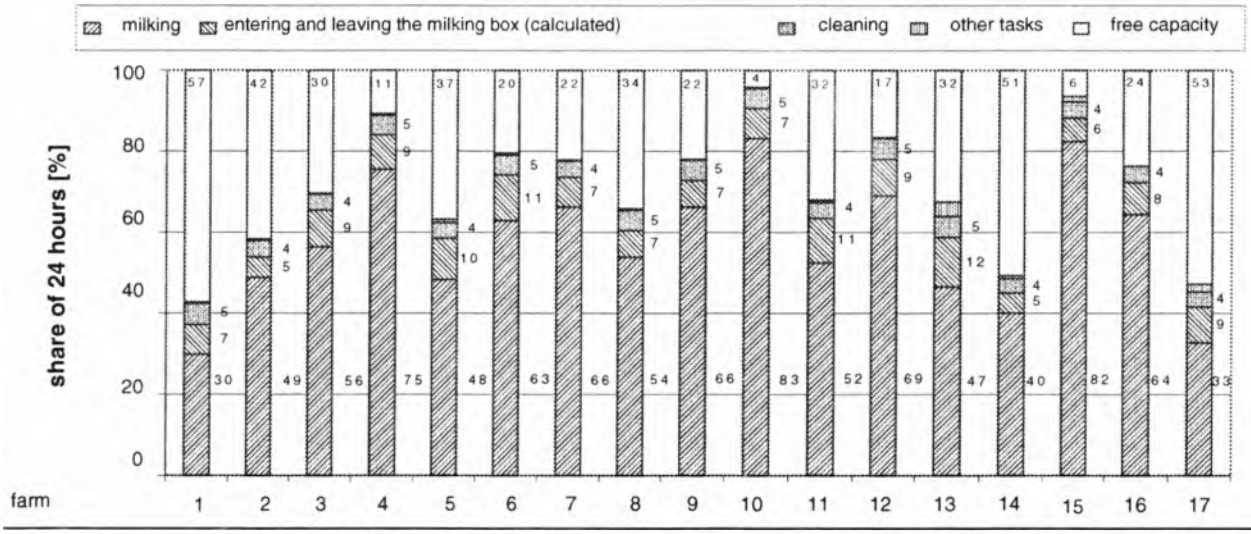
3.3 Ergebnisse im Bereich Milchqualität und -leistung

Parallel zur Umfrage wurden vom Milchprüfring und LKV bereitgestellte Daten zum Bereich Milchqualität und -leistung ausgewertet.

Bei der Milchqualität zeigt sich eine große Schwankungsbreite, so dass sich hier noch keine abschließenden Aussagen machen lassen. Der Mittelwert der Betriebe stieg nach der

Umstellung bei der Keimzahl leicht von 23.000 auf 24.000 K/ml an, während die Zellzahl von 202.000 auf 197.000 Z/ml sank. Im Einzelnen verschlechtern sich die Werte jedoch tendenziell meist bei den Betrieben, welche schon vor der Umstellung ein hohes Keim- bzw. Zellzahlniveau aufwiesen.

Korrigiert man die aufgetretenen Leistungssteigerungen um den allgemeinen züchterischen Fortschritt, beträgt die mittlere jährliche Milchmengensteigerung nach der Umstellung zwischen 150 bis 600 kg. Die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben belegen jedoch, dass diese Steigerung nicht allein auf das Melksystem zurückzuführen ist, sondern alle Maßnahmen des Managements wie beispielsweise Umstellung auf TMR oder Zukauf von Hochleistungstieren widerspiegelt. So lässt sich bei ca. 1/3 der Betriebe erkennen, dass die Anschaffung eines automatischen Melksystems mit einer gründlichen Verbesserung und Modernisierung des gesamten Managements in Richtung professioneller spezialisierter Milcherzeugung verbunden wurde. Hier werden mögliche Milchleistungssteigerungen auch differenzierter gesehen. So wird nicht davon ausgegangen, dass die sonst genannte mittlere Milchmengenzunahme von 7 % alle Tiere betrifft. Stattdessen wird mit Hilfe der im AMS gesammelten Daten eine optimale Herde bezüglich Rangordnung und genetischem Leistungspotential zusammengestellt. Damit wollen diese Betriebe mit weniger Tieren eine größere Milchmenge produzieren. Gleichzeitig erwarten sie durch die reduzierte Auslastung des Systems zu ¾ der maximalen Kapazität Vorteile im Tierverhalten und bei Störfällen.



farm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
milkings/d	82	87	108	130	129	104	116	85	118	130	98	121	117	78	120	116	74
mean milk flow [kg/min]	1.6	1.4	1.3	1.5	2.1	1.8	1.3	1.2	1.7	1.3	1.3	1.5	2.1	1.5	1.5	1.5	1.5
milk yield [kg/d]	600	860	710	1200	1600	1050	870	700	1200	1200	720	890	890	676	1435	1014	525
milked cows	40	45	40	52	47	50	58	40	47	61	38	38	48	28	57	42	23

Abb. 1: Auslastung von Lely Einboxenanlagen in 17 bayerischen Praxisbetrieben
Used capacity of Lely single box milking systems on 17 practical Bavarian farms

4 Literatur

WENDL, G., F. SEDLMEYER, J. HARMS UND H. SCHÖN: Results of field investigations with automatic milking systems. ASAE-Paper No. 003017. American Society of Agricultural Engineers 2000, St. Joseph, Michigan, USA

Automatic milking systems (AMS) in practical use - Situation in Bavaria

SEDLMEYER, FELIX[1], GEORG WENDL[2] AND HANS SCHÖN[3]

[1] Landtechnischer Verein in Bayern e.V., Vöttinger Str. 36, 85354 Freising, Germany
[2] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, TU München, 85350 Freising-Weihenstephan, Germany
[3] Lehrstuhl für Landtechnik, TU München, 85350 Freising-Weihenstephan, Germany

As up to now many of the results regarding to topics related with automatic milking are based on investigations at research farms, there is the question if these results can also be realized in practical farms under field conditions. So in spring 2000 about 22 farms in Bavaria were visited and asked about different aspects of the automatic milking system they use. Backups of the data of the management program of 17 farms were used to verify the questionnaire and to do some statistical calculations like looking for the optimal work load.

An average of 47 cows with an milk yield of 6,700 kg per year were milked in the farms. Most systems were installed in new build stables. The main reasons to buy an AMS were the need of new investments in housing and technique as long as changes in the available working power on the farms.

About 77 % run their system in free cow traffic without problems, although they admit that you have to get used to select out all problematic cows. Then the mean saving of working time per day for milking and related issues is about 2.5 hours. Additionally all confirm the increase of life quality.

Figure 1 shows the used capacities of the investigated systems. Some parameters have a main influence for the optimal use of the AMS. For example, the number of milkings (130) is equal on farms 4, 5 and 10, but the free capacity differs between 37 and 4 %. This is mainly caused by the different mean milking flows. The data of the management programs showed also that running the system at full capacity can cause poor milk yield on some low-ranked animals. Significant correlations were found between regular milking times and milk yield in small herds with free cow traffic. In systems that were used near full capacity about 6 to 15 % problematic cows have to be taken out of the statistics to get a significant correlation.

So it seems that the composition of the herd is important for optimal voluntary milking. On experienced specialized milk-farms it was found the tendency to run the system at ¾ of the capacity, but with a optimized selection of cows related to social suitability and genetic potential for high milk yield. They emphasized that in case of technical problems free capacities mean less animals get out of their production rhythm.

The data about milk quality spread very broad. So it can't be shown some influence of the change from conventional to automatic milking. The mean of the cell count was improving a little bit from 202,000 to 197,000 cells/ml, but the bacterial count raised lightly from 23,000 to 24,000 cfu/ml. The influence of the management seems to be more important. So farms with low milk quality before are getting more likely worse after the change of the system.

Ergebnisse zum Einsatz von automatischen Melksystemen (AMS) - Mehrboxenanlagen

ARTMANN, RUDOLF UND ERNST BOHLSEN

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

1 Einführung

AMS sind eine für viele Landwirte hoffnungsvolle Technologie vor allem zur Verbesserung der Arbeitssituation, aber auchfür höhere Milchleistungen. In einem vom BML[1] finanziell geförderten FuE-Vorhaben wurde über drei Jahre das automatischen Melken mit der Mehrboxenanlage „AMS-Liberty" auf einigen Praxisbetrieben untersucht. Es sollten die Auswirkungen auf Ökonomik, Hygiene, Umwelt, Tierschutz und Struktur der Rinderhaltung geklärt werden. Einige Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

2 Material und Methode

Insgesamt wurden aus fünf Betrieben (Tab. 1), die vom AMS automatisch erfassten Daten kopiert, über Simulations- bzw. Hilfsprogramme aufbereitet und für eine Bewertung des Systems, des Tierverhaltens und der Milchleistungsveränderungen verwendet. Zusätzlich wurden Untersuchungen zum Tierverhalten, zum Arbeitszeitbedarf, zum Verbrauch von Energie, Wasser, Reinigungsmittel und zu anderen AMS-bedingten Kostenveränderungen angestellt. Ergänzt wurde die Untersuchung durch Arbeiten des Instituts für Hygiene und Produktsicherheit der BfAM, Kiel zu Fragen der Hygiene bei der Milchgewinnung, zur Eutergesundheit und zur Milchqualität. Am intensivsten wurden die Betriebe A und B betrachtet.

Tab. 1: Daten der untersuchten Betriebe
Data for the farms studied

Merkmal/ characteristic	**Betriebe / farms**				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
Kühe/cows	150	95	110	55	80
Milch/yield [kg/a]	8000	7000	6500	8000	10000
Stall/cubicle house	4- [reihig]	4- [rows]	3	2	Einstreu / 2
AMS [Boxen/boxes]	4	3	3	2	3
Grundfutterzugang/ access to roughage	Vorselektion preselection	durch/through AMS	frei/free	teils durch/ partly AMS	teils durch/ partly AMS
Vorselektion/preselection	ja/yes	-	-	-	-
Separierraum/ separation room	ja/yes	ja/yes	ja/yes	-	ja/yes

[1] BML = Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

3 Ergebnisse

3.1 Funktionsfähigkeit des Systems und Eignung der Kühe

Besonders in den ersten Monaten nach der Installation kam es auf den Betrieben zu häufigeren technischen Ausfällen. Sie betrafen das Gesamtsystem, das Handhabungs- und Computersystem ebenso wie Milchmengenmessung , Milchpumpe oder eigentliches Melkzeug.

Nicht alle Kühe konnten problemlos vom automatischen Melkverfahren gemolken werden. Bei einigen entsprach die Euterform nicht den Anforderungen an AMS-gerechte Euter. Andere Kühe waren sehr nervös oder hatten Klauenprobleme. Kühe mit Klauenproblemen kommen oft nicht selbstständig zum AMS oder stehen während des Ansetzvorgangs sehr unruhig.

Wie hoch der Anteil an Kühen in der Herde ist, die nicht vom AMS angesetzt werden können, lässt sich nicht immer genau bestimmen. Die Eutertauglichkeit ändert sich auch im Laufe der Laktation oder mit dem Alter. Grundsätzlich sollten Kühe mit nicht AMS-geeigneten Eutern gemerzt werden. Die Ansetzprobleme, die auf die Variabilität der Euter im Laufe der Laktation(en) zurückzuführen sind, können nur durch eine verbesserte Ansetztechnik und insbesondere der Zitzenfindung behoben werden.

3.2 Durchsatz der AMS

Der Betrieb A erreicht mit 2,1 Melkungen nicht die gewünschte Melkfrequenz (Tab. 2). Die Ursachen sind in einer Überlastung der Anlage, häufigen technischen Ausfällen und im Management zu suchen. Die Betriebe B, D und E kommen mit einer mittleren Melkfrequenz von 2,6; 2,5 und 2,8 einem dreimaligen Melken näher. Der Betrieb E konnte in letzter Zeit 3 Melkungen je Tier und Tag realisieren. Bei der Zwischenmelkzeit bestehen ebenfalls betriebsspezifische Unterschiede. So wurden in Betrieb A durchschnittlich 37 %, im Betrieb B 18 % der Melkungen erst nach einer Zwischenmelkzeit von mehr als 12 Stunden durchgeführt.

Tab. 2: Erreichte Melkleistung
Achieved milking performance

Betrieb **farm**	**Kuhzahl** **milked cows**	**Melkungen/Tag** **milkings per day**	**Melkungen/Kuh und Tag** **Milking frequency per cow**
A	123	259	2,1
B	81	208	2,6
D	46	115	2,5
E	74	209	2,8

3.3 Tierverhalten und Anlagennutzung

Bei den meisten Betrieben müssen die Kühe am AMS vorbeigehen, wenn sie zum Grundfutter gelangen wollen (gelenkter Kuhverkehr). Die Darstellung der Melkungen über der Tageszeit zeigt zwei deutliche Auslastungsspitzen (Abb. 1). Dagegen kommen besonders in den ersten Stunden des Tages und in der Mittagszeit wesentlich weniger Kühe zum Melken. Nähere Untersuchungen auf Betrieb B zeigten, dass im Mittel bei 57 % der AMS-Besuche auch gemolken wird. Die hofnahe Halbtagsweide beeinflusst Melkungen und Besuche nicht wesentlich.

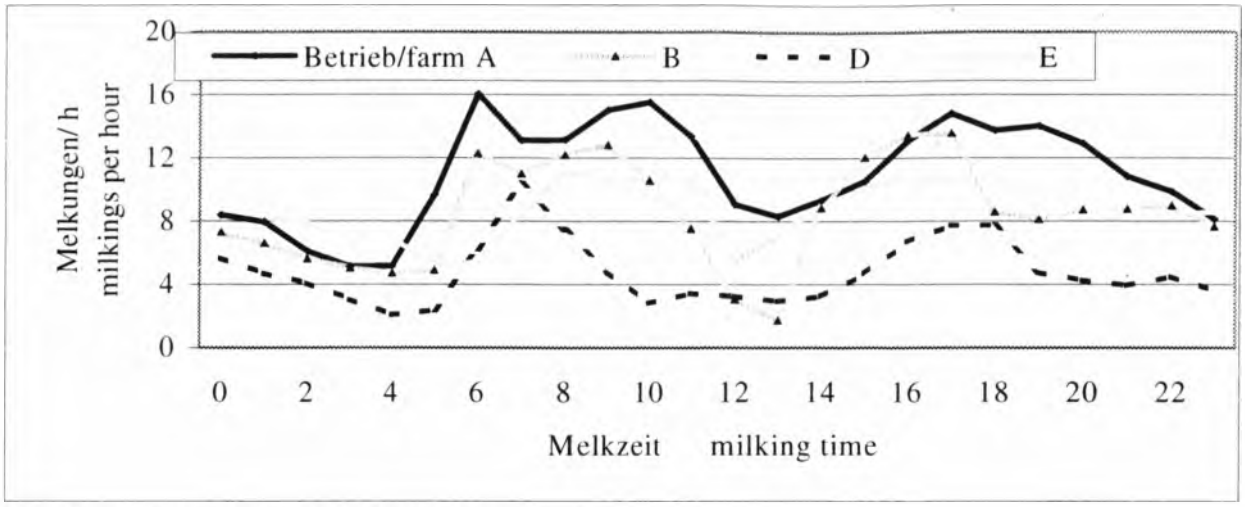


Abb. 1: Nutzung der AMS im Tagesverlauf
Usage of the AMS during the day

3.4 Milchleistungssteigerung durch AMS

Durch Vor-/Nachhervergleiche ist eine Quantifizierung der Veränderung der Milchleistung infolge von AMS kaum möglich. Mit der AMS-Anschaffung ändern sich häufig Melksystem, Haltungsform, Bestandsgröße, Fütterung und Management. Daher wurde durch einen multiplen Regressionsansatz der Einfluss der Zwischenmelkzeit auf die Milchleistung geschätzt (Tab. 3). Datengrundlage waren die Ergebnisse eines Betriebes über 14 Monate.

Tab. 3: Absolute bzw. relative Milchleistung in Abhängigkeit von Zwischenmelkzeit
Absolute resp. relative milk yield in dependancy from the milking interval

Laktation lactation	**Kalbesaison** calving season	**Zwischenmelkzeiten [h] milking intervals**							
		12 + 12		**10 + 14**		**3 * 8**		**2 * 6 + 12**	
≥3	1	6272	100	6202	98,9	7322	116,8	7113	113,4
1	3	6372	100	6302	98,9	7473	117,3	7264	114,0
≥3	3	6646	100	6576	99,0	7883	118,6	7674	115,5

3.5 Arbeitsersparnis durch AMS

Der gemessene tägliche Arbeitszeitbedarf für das automatische Melken ist zusammen mit der Veränderung gegenüber dem Zeitbedarf bei Einsatz von Fischgrätenmelkständen (FGM) in Tabelle 4 dargestellt. Sowohl hohe Einsparungen, aber auch Mehrarbeit wurden ermittelt. Funktionssicherheit der Technik, Auslastung des AMS, Einordnung des AMS im Stall, Selektionsgrad der Kühe, Management und Servicequalität sind die Haupteinflussfaktoren.

Tab. 4: Arbeitszeitbedarf bei AMS-Einsatz
Working time requirement by usage of AMS

Arbeitszeit für Melken working time for milking	**Betrieb farm**			
	A	**B**	**C**	**D**
AMS je Kuh u. Tag [1/100 min]	298,1	201,2	190,7	207,5
Veränderung gegenüber FGM [%]	+27	-27	-30	-46

4 Literatur

ARTMANN, R. UND E. BOHLSEN (2000): Results from the implementation of automatic milking system (AMS) - multi-box facilities. In: HOGEVEEN, H. UND A. MEIERING (2000): Robotic Milking. Wageningen Pers, NL

ARTMANN, R.; E. BOHLSEN; 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 vom 30.04.1998 und II vom 31.03.1999 sowie Endbericht vom 31.12.2000 zum FuE-Vorhaben 96UM009

BOHLSEN, E. (2000): Erprobung und Bewertung Automatischer Melkverfahren (AMS) im Praxiseinsatz. Diss. Göttingen

Results for the application of automatic milking systems (AMS) - multi-box system

ARTMANN, RUDOLF AND ERNST BOHLSEN

Institut of Production Engineering and Building Research, Federal Research Center of Agriculture (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

The main interests on automatic milking systems are reduce working load and increase milk yield. In a research and development project sponsored by the German Federal Ministry of Agriculture, the effects of automatic milking with multi-box systems on animal behaviour, milking frequency, milk yield, labour time and investment requirements were studied on five different farms.

There are significant differences between the farms with regard to the number of times each cow is milked each day and as a consequence between the farms in terms of the milking interval. There is a clear daily rhythm which strongly influences the milking capacity of the facilities. The milking frequencies achieved range from between 2.1 to 2.8 milkings per animal per day. With controlled traffic and free access to the milking boxes, an average of 57 % of the visits led to milking. Half days at pasture (in summer directly on the farm) did not significantly affect either milking or visits to the milking box.

On the basis of data from one farm over a period of 14 month, the influence of the milking interval on the milk yield was estimated by a multiple regression function. With the relationships found, the effect of multiple milkings and different length of milking intervals are clarified with model calculations.

Viability studies in the farms showed that the labour time required for automatic milking in comparison to conventional milking in herringbone milking parlours ranges from 127 % to 54 %. The cause for this wide range are the culling rate of cows unable to milk automatically, herd size, and system management requirements, meaning also service to the system.

Briefly it can be stated that from a technical point of view the multi-box system studied must be improved particularly with regard to the animal traffic and system reliability.

Arbeits- und betriebswirtschaftliche Beurteilung eines automatischen Melksystems (AMS)

OBERDELLMANN, PETER[1], MICHAEL LEIENDECKER[1] UND JÖRN STUMPENHAUSEN[2]

[1] Institut für Landtechnik, Universität Bonn, 53115 Bonn
[2] Lemmer-Fullwood GmbH, Oberste Höhe, 53790 Lohmar

1 Einleitung

Die wirtschaftliche Entwicklung der Milchviehhaltung ist durch einen kontinuierlichen Konzentrationsprozeß gekennzeichnet. Die steigende Arbeitsbelastung aufgrund der steigenden Bestandsgrößen in den expandierenden Betrieben macht eine höhere Technisierung oder Automatisierung des Melkprozesses erforderlich.

Die Entwicklung ging in der landwirtschaftlichen Praxis vom Handmelken über Eimer- und Rohrmelkanlagen zu den heute übliche Melkständen verschiedener Bauarten und Ausstattungsvarianten. Je nach technischer Ausstattung werden hierbei viele Teilprozesse des Melkvorganges wie Stimulation, Nachmelken und Abnahme des Melkzeuges technisiert. Das Ansetzen der Melkbecher ist hingegen noch eine der zentralen Aufgaben des Melkers. Der Melkprozess bindet als termingebende täglich anfallende Arbeit mindestens 30 % der gesamten Arbeitszeit in der Milchviehhaltung (SONCK 1993, ORDOLFF 1987).

In automatischen Melksystemen ist auch das Ansetzen der Melkbecher technisch gelöst. Der Einsatz kann deshalb den milchviehhaltenden Familienbetrieben helfen, die zeitliche Bindung zu lockern.

Der Arbeitsablauf und die Art der Arbeit des Milchviehhalters ändern sich durch den Einsatz der neuen Technologien grundlegend. Ein Teil der mittels automatischer Melksysteme eingesparten Arbeitszeit für manuelle Tätigkeiten muss für Wartung, Managementaufgaben und eine erweiterte Tierkontrolle aufgewendet werden.

Dies bedeutet, dass mit dem Einsatz automatischer Melksysteme die Ansprüche an die Ausbildung des Melkers steigen. Die Kontrolle des Gesundheitsstatus der Tiere mit einem gut geschulten Auge und/oder geeigneter Sensortechnik nimmt an Bedeutung zu. Um eine quantitative Aussage über den veränderten Arbeitszeitbedarf bei Umstellung auf ein automatisches Melksystem machen zu können, wurde eine Arbeitszeitanalyse durchgeführt.

2 Versuchsanlage

Bei dem untersuchten System handelt es sich um die Einboxenkompaktanlage „Merlin" der Fa. Lemmer-Fullwood, die auf der Lehr- und Versuchsstation der Landwirtschaftskammer Rheinland Haus Riswick in Kleve installiert wurde. Das automatische Melksystem wurde hier anstelle von vier Liegeboxen in einem vorhandenen zweireihigen Liegeboxenlaufstall installiert. Die zum Zeitpunkt des Versuchs 47 Kühe wurden ganztägig im Stall gehalten. Im Stall wurden keine Einwegtore installiert, die die Tiere zum Melken führen. Der Zugang zum Melksystem basiert auf dem freiwilligen Zugang. Der Melker greift nur in das System ein, wenn die Zwischenmelkzeit einzelner Tiere einen Sollwert übersteigt. Um diese Arbeit zu erleichtern bzw. zu ermöglichen, werden im Stall dann kurzzeitig Treibhilfen angebracht.

3 Arbeitswirtschaftliche Beurteilung

Die Arbeitszeit wurde in Haupt- und Nebenarbeitszeiten unterteilt und in einer viertägigen Teilzeitanalyse ermittelt. Zur Hauptarbeit wurden die direkt der Milchgewinnung dienenden und von der Tierzahl weitgehend abhängigen Vorgänge gezählt. Zu den Nebenarbeiten wurden hingegen die Arbeiten gezählt, die von der Tierzahl weitgehend unabhängig sind.

Der mittlere Arbeitszeitaufwand je Kuh und Gemelk, bezogen auf zwei Gemelke je Tag, für die einzelnen Arbeitsabschnitte ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Durchschnittlicher spezifischer Arbeitszeitaufwand für die Arbeitsabschnitte
Specific average working time for the working sections

	Arbeitsabschnitt	Arbeitsaufwand [APmin/Kuh/Gemelk]
Hauptarbeiten	Dateneingabe und -kontrolle	0,24
	Treiben von Kühen	0,31
	Anbringen und Entfernen von Treibhilfen	0,12
	Tierbehandlung (manuell)	0,01
Nebenarbeiten	Milchfilterwechsel	0,05
	Austausch der Zitzenreinigungsrollen	0,07
	Reinigung Melkraum/AMS	0,20
	Arbeiten zur Milchlagerung/Kühlung	0,06
	Tierkontrolle	0,04
	Kontrolle und Nachfüllen von Betriebsmitteln	0,06

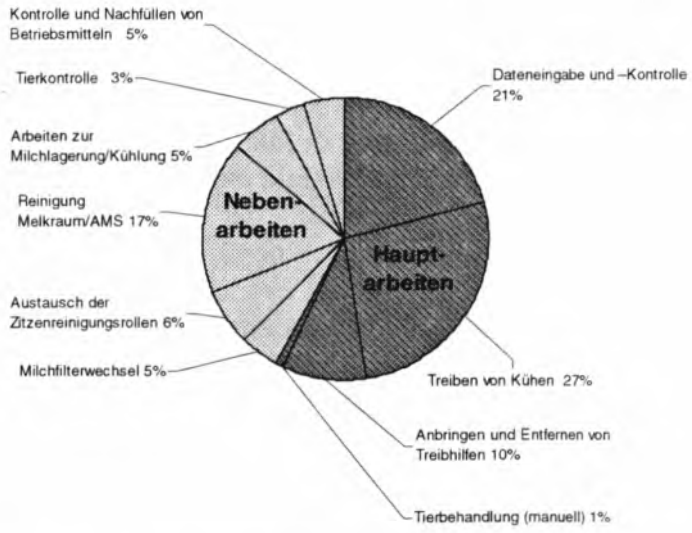
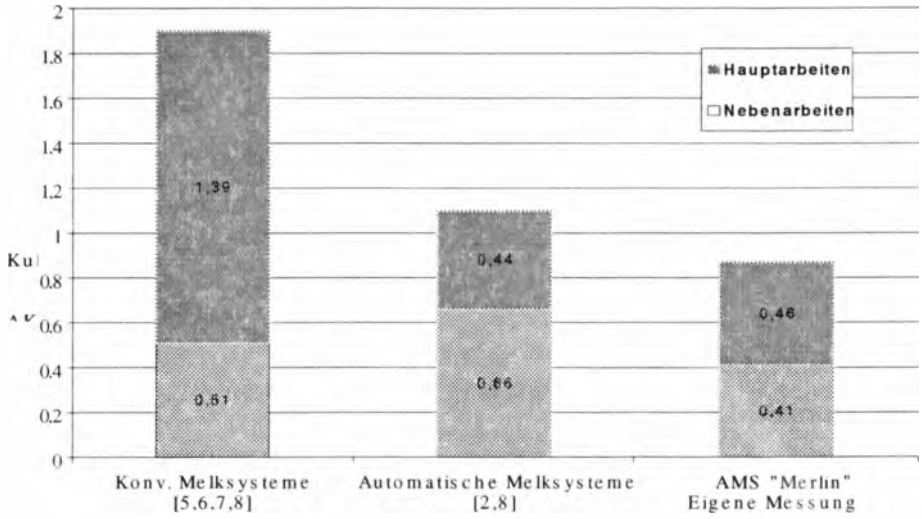


Abb. 1: Zeitanteile der Teilprozesse
Time share for the working sections

Der Arbeitszeitbedarf beträgt nach einer Leistungsschätzung und einigen Annahmen (LEIENDECKER 1999) für die Hauptarbeiten 0,46 AKmin/Kuh/Gemelk und für die Nebenarbeiten 0,41 AKmin/Kuh/Gemelk.

Im Vergleich zu Arbeitszeitmessungen an anderen automatischen Melksystemen (SONCK 1996, ZIPPER 1988) wurden im Bereich der Hauptarbeiten geringfügig höhere, im Bereich der Nebenarbeiten niedrigere Bedarfswerte ermittelt. Von besonderer Bedeutung für einen landwirtschaftlichen Betrieb ist jedoch der Vergleich der notwendigen Arbeitszeit mit konventionellen Melksystemen (ORDOLFF 1972, SAUER 1981, SCHLEITZER 1998, ZIPPER 1988). Hier zeigt sich, dass die ökonomisch wirksame Arbeitszeiteinsparung vor allem im Bereich der Hauptarbeiten zu erwarten ist. Die Tätigkeiten, die als Nebenarbeiten bezeichnet werden, fallen in abgewandelter Form auch in konventionellen Melksystemen an.



4 Ökonomische Beurteilung

Das Interesse der Milchviehhalter an automatischen Melksystemen ist aufgrund der gegebenen arbeitswirtschaftlichen Vorteile als groß anzusehen. Die wirtschaftliche Situation ist jedoch auf vielen Milchviehbetrieben derzeit als eng anzusehen, so dass der Spielraum für betriebliche Investitionen begrenzt ist.

Betriebswirtschaftlich ist die freigesetzte oder eingesparte Arbeitszeit monetär zu bewerten und mit den sich ändernden Maschinen- und Gebäudekosten zu bilanzieren. Die Kosten der Arbeitserledigung errechnen sich in Lohnbetrieben aus dem Produkt aus eingesparter Arbeitszeit und Lohnansatz einschließlich Lohnnebenkosten, wenn genau der eingesparte Zeitanteil freigesetzt werden kann. In milchviehhaltenden Familienbetrieben bemisst sich der wirtschaftliche Vorteil nach den jeweiligen Arbeitszeitnutzungskosten des Betriebsleiters. In Familienbetrieben lässt sich der Zeitvorteil nur nutzen, wenn entweder innerbetriebliche monetär bewertbare Arbeiten oder außerbetriebliche Erwerbsquellen wahrgenommen werden. Die jeweilige Ersatztätigkeit sollte eine möglichst hohe Verwertung der Arbeitskraft darstellen.

5 Literatur

LEIENDECKER, M., 1999: Arbeitswirtschaftliche Beurteilung eines automatischen Melksystems. Diplomarbeit, Institut für Landtechni, Bonn

ORDOLFF, D., 1986: Vollautomatisches Melken: Technik und Entwicklungstendenzen. Landtechnik 41, S. 227-229

ORDOLFF, D., 1987: Autotandem- der Mercedes unter den Melkständen? Top agrar, H. 6, S. R18- R21

ORDOLFF, D., 1972: Der Arbeitszeitbedarf beim Melken in Melkständen und die wichtigsten Einflussfaktoren. Diss., München, 1972

SAUER, H., 1981: Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Methodenüberprüfung durch Modellkalkulationen in der Milchviehhaltung, Diss., TU München-Weihenstephan

SCHLEITZER, G., 1998: Stand und Entwicklung des automatisierten Melkens. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und ländliches Bauwesen (ALB) Baden-Württemberg e.V. Fachtagung, 12.-13. März 1998, Stuttgart-Hohenheim

SONCK, B.R., 1993: The modern littered house for dairy cows: too much labour? In: ANNEVELINK, E., R.K. OVING AND H.W. VOS (Eds): Proceedings of the XXV CIOSTA - CIGR V Congress: Labour planning. Labour and labour conditions. Computers in agricultural management. May 10-13, Wageningen, The Netherlands, S 260-269

SONCK, B.R., 1996: Labour organisation on robotic milking dairy farms. Dissertation, Wageningen Agricultural University

ZIPPER, J., 1988: Qualitätsgerechte Arbeitsausführung, Arbeitszeitbedarf und Arbeitsleistung bei unterschiedlichen Verfahren der Milchgewinnung in Melkständen. Tierzucht 42, H. 5, S. 229-231

Labour and managerial assessment of automatic milking systems (AMS)

OBERDELLMANN, PETER[1], MICHAEL LEIENDECKER[1] AND JÖRN STUMPEMHAUSEN[2]

[1] Institut für Landtechnik, Universität Bonn, 53115 Bonn, Germany
[2] Lemmer-Fullwood GmbH, Oberste Höhe, 53790 Lohmar, Germany

Milking in conventional parlours makes up more than 30 % of the working time in dairy husbandary and, as a time-fixed task, causes a high temporal and social burden. For improving labour and managerial assessment, a work/time analysis was carried out for automatic milking systems. The working time was separated into two sections, main work and sideline work. In the first section duties are compiled, which are directly dependent to the milking process and the number of dairy cows. The second group compiles other duties, which are not directly dependent to the number of cows. In this research 0,46 working minutes/cow/milking process are needed for the main work, 0,41 minutes/cow/milking process for other duties.

Der Einfluss der Drehzahl eines Melkkarussells auf die Gesamtmelkzeit einer Milchviehherde

BÜRGER, CHRISTINE[1] UND RENÉ RACKWITZ[2]

[1] TU Dresden, Lehrstuhl Landmaschinen, 01062 Dresden
[2] Westfalia Landtechnik Deutschland GmbH, Verkaufsbereich Ost

1 Ziel

Berechnungen haben gezeigt, dass mit der Verminderung der Drehzahl eines Melkkarussells während des Melkens die durchschnittliche Gesamtmelkzeit einer Milchviehherde und der Arbeitsablauf im Melkkarussell verbessert werden können: das Melkkarussell muss zum Ausmelken nicht angehalten werden bzw. die Anzahl der Halte zum Ausmelken wird verringert.

2 Methode

In einem 22-er und in einem 32-er Melkkarussell wurde technisch die Möglichkeit geschaffen, mit zwei Drehzahlen zu arbeiten: die vom Hersteller eingestellte Drehzahl und eine niedrigere.

Zunächst wurde die Melkdauer der Kühe in vier Herden ermittelt (Tab. 1). Auf dieser Grundlage wurde der Melkplatz ermittelt, an dem die Drehzahl zu vermindern ist, damit ca. 95 % der Kühe am Ende des Umlaufes (Ausgang Melkkarussell) ausgemolken sind. Dieser Zeitpunkt liegt 6 Melkplätze vor dem Ausgang. Er wurde als Fixpunkt im Melkkarussell installiert. Beim Passieren dieses Fixpunktes wird über einen Sensor der Milchfluss abgefragt. Fließt noch Milch, wird die Drehzahl vermindert. Weitere Abfragen zum Milchfluss erfolgen am 4. und 2. Melkplatz vor dem Ausgang sowie am Ausgang. Die verminderte Drehzahl bleibt bestehen, solange an einem der drei abgefragten Melkplätze ein Milchfluss festgestellt wird. Ist die Abfrage am Ausgang noch positiv, wird das Melkkarussell zum Ausmelken angehalten. Ist der Milchentzug an der ersten Abfrage bereits beendet, bleibt die normale Drehzahl bestehen.

Tab. 1: Charakteristik der Herden für die Berechnungen
Characteristic of the dairy herd for calculation

Herde	Durchschnittliche Melkdauer (min/Kuh)	Längste Melkdauer (min/Kuh)
I	5,67	17,6
II	4,67	11,0
III	6,92	19,6
IV	7,31	15,0

Die Einstellung der Drehgeschwindigkeit erfolgt auf der Grundlage der Taktzeit (Zeit zwischen zwei Melkplätzen). Die Taktzeit ergibt sich als Optimum aus Eutervorbereitungszeit

und der Umlaufzeit des Karussells, die durch die herdenspezifische Parameter bestimmt wird. Dabei wird die Umlaufzeit so groß gewählt, dass das Karussell maximal 4-6 mal je Stunde auf Grund von Langmelkern angehalten werden muss. Diese Taktzeit kann mit Hilfe des Melkstandberatungskonzeptes MIPCON 2000 berechnet werden. Beim milchflussgesteuerten Melkkarussell bildet ausschließlich die Eutervorbereitungszeit die Grundlage für die Taktzeit. Die mögliche Einsparung an Gesamtmelkzeit wurde mit dem Simulationssystem TOMAS/16 für die vier Milchviehherden und die oben beschriebenen Taktzeiten bei eingestellter und milchflussgesteuerter Drehgeschwindigkeit simuliert (Tab. 1, 2 und 3).

3 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Theoretische Berechnungen

Berechnung der Gesamtmelkzeiten der vier Milchviehherden (400 Tiere) bei eingestellter Drehzahl des Melkkarussells nach MIPCON 2000 und bei milchflussgesteuerter Drehzahl in einem Melkkarussell MK 22 (1 Melker).

Tab. 2: Berechnungen für das MK 22
Calculation for a rotary milking parlour (22 places)

Herde	Nach MIPCON 2000			Milchflussgesteuert		
	Taktzeit (s)	Gesamtmelkzeit (min)		Taktzeit (s)	Gesamtmelkzeit (min)	
		Durchschnitt	Wertebereich		Durchschnitt	Wertebereich
I	27,0	237,5	{224,0;253,2}	25,0	236,7	{225,0;244,8}
II	25,0	-	-	25,0	-	-
III	31,0	294,3	{276,3;314,6}	25,0	285,2	{275,8;300,6}
IV	33,0	268,5	{263,5;274,9}	25,0	254,3	{246,7;259,1}

Der Wertebereich enthält die für die Simulation verwendeten durchschnittlichen Gesamtmelkzeiten.

Berechnung der Gesamtmelkzeiten der vier Milchviehherden (400 Tiere) bei eingestellter Drehzahl des Melkkarussells nach MIPCON 2000 und bei milchflussgesteuerter Drehzahl in einem Melkkarussell MK 32 (2 Melker).

Tab. 3: Berechnungen für das MK 32
Calculation for a rotary milking parlour (32 places)

Herde	Nach MIPCON 2000			Milchflussgesteuert		
	Taktzeit (s)	Gesamtmelkzeit (min)		Taktzeit (s)	Gesamtmelkzeit (min)	
		Durchschnitt	Wertebereich		Durchschnitt	Wertebereich
I	20,0	173,8	{161,2;183,5}	12,5	155,4	{138,8;172,7}
II	14,0	120,7	{116,0;126,0}	12,5	119,6	{114,6;123,5}
III	23,0	215,9	{207,4;230,0}	12,5	195,2	{184,4;205,1}
IV	24,0	191,1	{190,3;195,1}	12,5	167,0	{160,0;173,6}

Der Wertebereich enthält die für die Simulation verwendeten durchschnittlichen Gesamtmelkzeiten.

Die Veränderung der Taktzeiten zeigt in beiden Tabellen eine Verbesserung der durchschnittlichen Gesamtmelkzeiten bei Anwendung der milchflussgesteuerten Drehzahl. In Abbildung 1 ist diese Tendenz als Gesamtmelkzeitverbesserung in Abhängigkeit von der Differenz der Taktzeiten dargestellt.

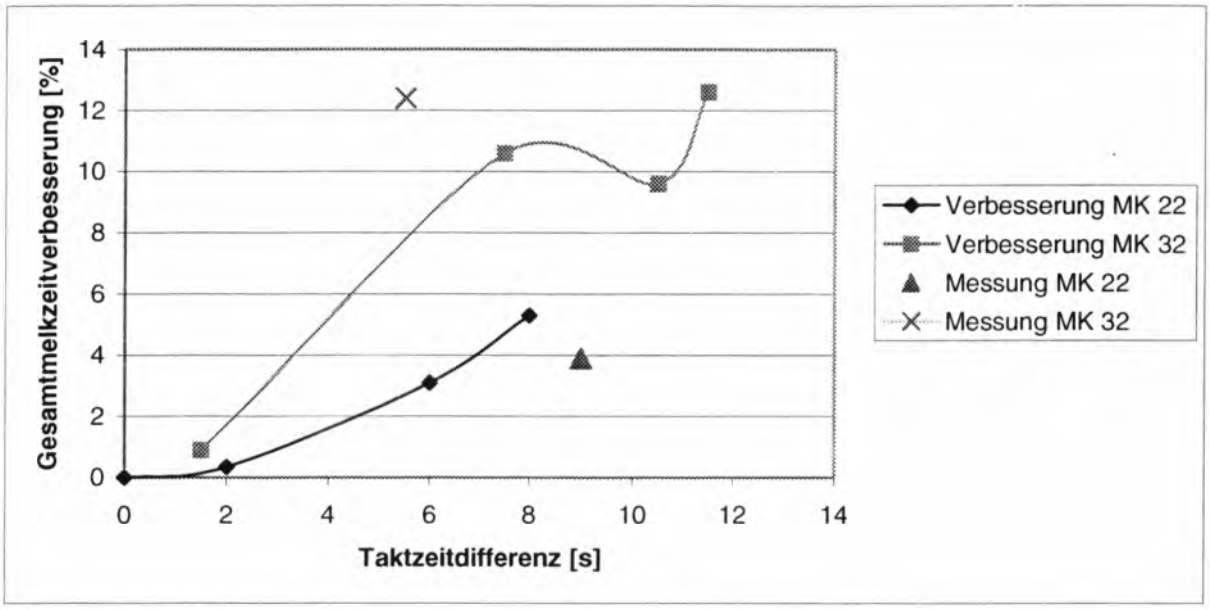


Abb. 1: Gesamtmelkzeitverbesserung in Abhängigkeit von der Taktzeitdifferenz
Improvement of total melking time depending on the difference in pulsation sequence

Messungen im Melkkarussell MK 22 mit 225 Kühen

Tab. 4: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtmelkzeiten mit eingestellter und mit milchflussgesteuerter Drehzahl
Comparison of the total milking time average with fixed and milk flow controlled revolutions per minute

	Durchschnittliche Gesamtmelkzeit bei eingestellter Drehzahl (min)	Durchschnittliche Gesamtmelkzeit bei milchflussgesteuerter Drehzahl (min)	Verbesserung der durchschnittlichen Gesamtmelkzeit (%)
Morgengemelk	161,4	156,6	3,0
Abendgemelk	147,0	139,8	4,9
Durchschnitt	154,2	148,2	3,9

Die Taktzeit wurde von 29,0 s auf 20,4 s umgestellt. Die Taktzeitdifferenz beträgt 8,6 s

Tab. 5: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtmelkzeiten mit eingestellter und mit milchflussgesteuerter Drehzahl
Comparison of the total milking time average with fixed and milk flow controlled revolutions per minute

	Durchschnittliche Gesamtmelkzeit bei eingestellter Drehzahl (min)	Durchschnittliche Gesamtmelkzeit bei milch-flussgesteuerter Drehzahl (min)	Verbesserung der durchschnittlichen Gesamtmelkzeit (%)
Morgengemelk	429,6	386,4	11,1
Abendgemelk	345,6	292,2	15,5
Durchschnitt	387,6	339,6	12,4

Die Taktzeit wurde von 18,0 s auf 12,5 s umgestellt. Die Taktzeitdifferenz beträgt 5,5 s.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Verringerung der Taktzeiten und die Verminderung der Drehzahl führen zur Verbesserung der Gesamtmelkzeit und damit auch zur Verringerung der Schichtzeit. Wirksame Einsparungen sind vor allem in größeren Melkkarussells möglich.

Die Auswertung der Ergebnisse in den beiden untersuchten Milchviehanlagen zeigt eine weitere wichtige Einflussgröße: durch die höhere Milchmenge des Morgengemelkes und damit die längere Melkdauer ist die Einsparung an Gesamtmelkzeit niedriger.

Tendenziell war erkennbar (nur Stichproben) dass bei Kuhgruppen mit höherer Melkdauer die Anzahl der Geschwindigkeitsverminderungen ansteigt.

In beiden Anlagen konnte eine bessere Kontinuität des Melkprozesses nach dem Umbau auf milchflussgesteuerte Drehzahl festgestellt werden.

Die beiden Messpunkte für die untersuchten Anlagen in Abbildung 1 liegen im Bereich der theoretisch ermittelten Kurven zur Verbesserung der Gesamtmelkzeit. Die Abweichungen haben eine Reihe von Ursachen:

- Die Untersuchungen wurden bei laufendem Betrieb durchgeführt.
- Die technische Ausstattung der beiden Melkkarusselle, die herdenspezifischen Parameter und der technologische Ablauf (Zutrieb - Abtrieb) sind nicht gleich und führen zu Unterschieden, die nicht quantitativ erfasst werden können.
- Die Berechnungen zur Verbesserung der Gesamtmelkzeit und die praktischen Untersuchungen wurden mit unterschiedlichen Herdengrößen durchgeführt. Die Herdengröße hat einen Einfluss auf die Einsparung an Gesamtmelkzeit.

Untersuchungen zur Struktur der Nebenarbeiten beim Melken

BILGEN, HAMDI[1,3] UND DIETER ORDOLFF[2,3]

[1] Dept. of Agr. Machinery, Ege University Agr. Faculty, Bornova-Izmir, Türkei
[2] Institut für Verfahrenstechnik, Bundesanstalt für Milchforschung, Hermann-Weigmann-Str. 1, D-24103 Kiel
[3] Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

1 Einleitung

Zusätzlich zu den eigentlichen Melkarbeiten wird der Arbeitszeitbedarf für die Milchviehhaltung durch die vorher und nachher anfallenden Rüstzeiten und das Zu- und Wegtreiben der Kühe vom Melkstand bestimmt. Die Rüstzeiten umfassen die Vorbereitung von Melkstand und Melkanlage auf die bevorstehende Melkzeit sowie die abschließenden Reinigungsarbeiten. In diese sind Melkanlage, Melkzeuge, Melkstand, Wege und Warteraum einbezogen, außerdem, in Abstimmung mit der Milchabholung, Milchlagerbehälter und Tankraum. Zu den Arbeiten in Zusammmenhang mit dem Umtrieb der Kühe sind die Treibarbeiten selbst sowie das Umstellen von Toren, das Selektieren von Kühen und abschließend die Reinigung von Warteraum und Treibgängen und eventuelle weitere Organisationsaufgaben zu rechnen. Der Umfang der hier aufgezählten Arbeiten hängt nicht unmittelbar von der Herdengröße, sondern vor allem von den baulichen Eigenschaften der Melkstandanlage und der gesamten Stallanlage ab. Außerdem fallen nicht alle Arbeiten zu jeder Melkzeit an, sondern auch in täglichen oder mehrtägigen Intervallen.

Auf Grund der im Vergleich zu den Routinearbeiten nur wenig standardisierten Abläufe lassen sich nicht ohne weiteres Bezugsgrößen zur Vorausschätzung der Vor- und Nacharbeiten finden. Arbeitsstudien in größeren Herden (ORDOLFF 1998) zeigten, dass der Arbeitszeitbedarf pro Kuh für die Rüstzeiten mit steigender Herdengröße deutlich abnimmt. Wurden die Rüstzeiten dagegen auf die Anzahl der für das Melken verfügbaren Melkplätze bezogen, dann errechnete sich ein von der Melkstandgröße weitgehend unbeeinflusster Arbeitszeitbedarf zwischen 4,5 AKmin/Melkzeug und Tag bei kleineren Melkständen und 5 AKmin/Melkzeug und Tag bei großen Anlagen. Hiermit ließ sich der zu erwartende Umfang der Rüstzeiten auf einfache Weise einigermaßen zutreffend abschätzen.

In Abhängigkeit von Anordnung und Ausrüstung des Melkbereiches, vor allem der Bauart des Melkstandes, wurden zwischen den Betrieben erhebliche Unterschiede des Arbeitszeitaufwandes gefunden. Der größte Anteil wurde von den Reinigungsarbeiten nach dem Melken verursacht. Von den Kühen aus dem Stall in den Melkbereich verschleppter Schmutz erhöhte den Arbeitszeitaufwand. Deutlicher als bei den Routinezeiten kamen personenbedingte Einflüsse zum Tragen.

Die Arbeiten in Zusammenhang mit dem Umtreiben der Kühe nahmen rund 1,1 AKmin/Kuh und Tag in Anspruch . Davon entfiel reichlich die Hälfte der angesetzten Zeit auf das eigentliche Treiben, der Rest verteilte sich überwiegend auf Reinigungsarbeiten (ca. 20 %), Umstellen von Toren (ca. 10 %) und auf Wartezeiten (ca. 15 %). Auch bei diesem Arbeitsbereich wurden zwischen vergleichbaren Herden große Unterschiede im Arbeitzeitaufwand beobachtet.

2 Material und Methode

Im Rahmen eines vom Deutschen Akademischen Austauschdienst geförderten Projektes wurden in Zusammenarbeit mit der Ege University Agr. Faculty, Bornova-Izmir (Türkei) auf der Versuchsstation der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig (FAL) Zeitstudien zur Erfassung der Nebenarbeiten beim Melken durchgeführt. Anhand des erhobenen Datenmaterial sollte unter anderem der Zugang der versuchsbedingt in unterschiedlichen Stallabteilen gehaltenen Kuhgruppen zum Melkbereich der Anlage beurteilt werden. Die Bewertung erfolgte unter Benutzung der in den bereits erwähnten früheren Untersuchungen (ORDOLFF 1998) vorgestellten Ergebnisse. Zur Information wurden auch Daten aus in der Türkei durchgeführten Arbeitsstudien in die Zusammenstellung der Ergebnisse aufgenommen.

3 Ergebnisse

Die Übersicht über die verfügbaren Ergebnisse von Arbeitsstudien (Abb. 1) zeigt, dass in allen wiedergegebenen Fällen die Reinigungsarbeiten einen wesentlichen, mehrfach sogar den größten Anteil des für die Nebenarbeiten beim Melken anfallenden Arbeitszeitaufwandes ausmachten. Gegebenenfalls erforderliche Treibarbeiten bestimmten ihn zusätzlich in nicht unbedeutendem Umfange.

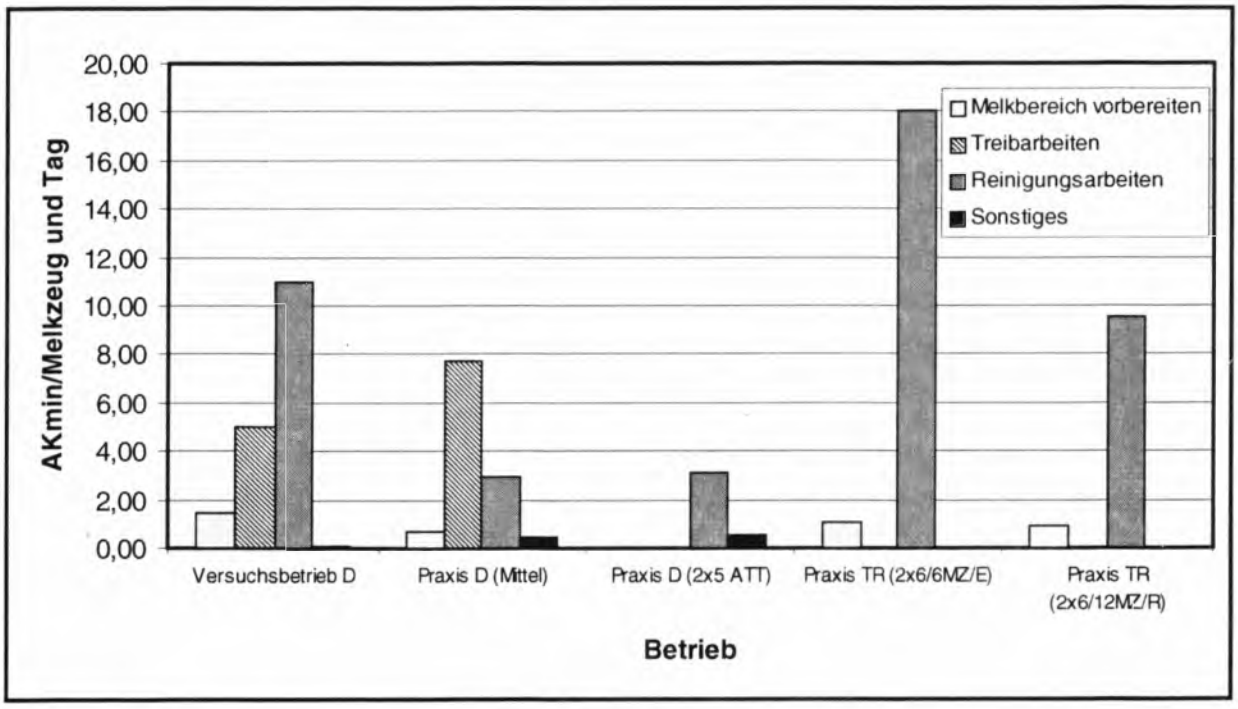


Abb. 1: Arbeitszeitaufwand für Nebenarbeiten beim Melken
(ATT: Autotandem-Melkstand; MZ: Melkzeuge; E: Eimermelkanlage; R: Rohrmelkanlage)
Labour requirement for supplementary work around milking

Eine detailliertere Analyse (Abb. 2) der Ergebnisse der in der FAL und in anderen deutschen Milchviehbetrieben durchgeführten Messungen macht deutlich, dass die Reinigung der

Melkanlage und des Melkstandes im Mittel den Zeitaufwand für Reinigungsarbeiten am deutlichsten beeinflussten.

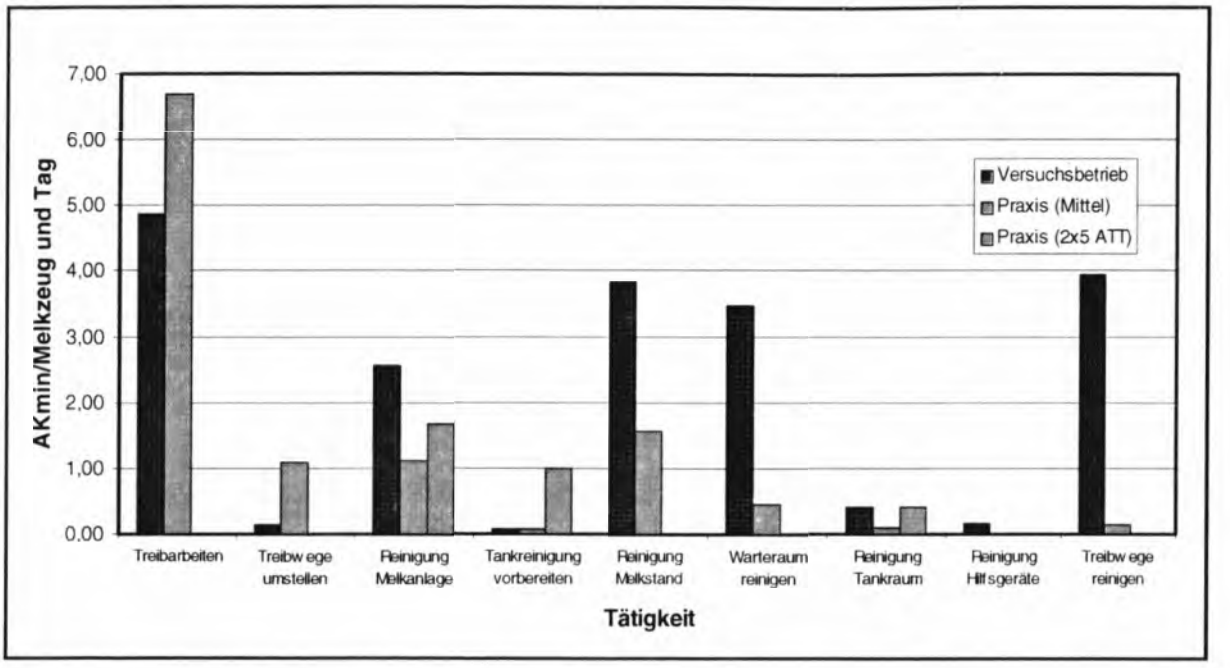


Abb. 2: Arbeitszeitaufwand für Treib- und Reinigungsarbeiten
Labour requirement for cow driving and cleaning procedures

Bei den mit dem Umtrieb der Kühe zusammenhängenden Arbeiten nahm in den davon betroffenen Betrieben das Treiben selbst den wesentlichen Teil des gesamten Arbeitszeitaufwandes in Anspruch, gefolgt von dem Umstellen der Treibwege.

Auffällig ist der insgesamt sehr hohe Arbeitszeitaufwand für Reinigungsarbeiten auf dem untersuchten Versuchsbetrieb, besonders in von Kühen begangenen Gebäudebereichen außerhalb des eigentlichen Melkbereiches.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die unter den Bedingungen eines Versuchsbetriebes erhobenen Daten über die Nebenarbeiten beim Melken weisen keine prinzipiellen Unterschiede zu den Ergebnissen von Arbeitsstudien in größeren Praxisbetrieben auf. Kuhumtrieb und Reinigung sind in beiden Fällen Hauptbestandteile des Arbeitszeitaufwandes.

Der Arbeitszeitaufwand für das Treiben von Kuhgruppen liegt unterhalb des Niveaus von Praxisbetrieben mit baulich getrennten Stallbereichen. Auf Grund von Versuchen mit unterschiedlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen ist in diesem Punkte nicht mit wesentlichen Einsparungsmöglichkeiten zu rechnen. Auch der relativ hohe Arbeitszeitaufwand für die Melkanlagenreinigung lässt sich zweifelsfrei mit versuchsbedingten Sonderbedingungen erklären.

Die Aufwendungen für die Reinigung der Laufwege und Aufenthaltsbereiche in und vor dem Melkstand des Versuchsbetriebes sind jedoch nur teilweise durch deren Flächen zu begründen, die im Mittel eher geringer als in den zum Vergleich herangezogenen praktischen Betrieben sind. Hier kommt zum Tragen, dass wegen der vergleichsweise hohen Frequenz von Besuchergruppen gerade nicht benutzte Stallbereiche stets in sauberem Zustand präsentiert werden

müssen. Daraus resultiert ein in praktischen Betrieben nicht üblicher Aufwand für die Reinigung von Boden- und Wandflächen, die durch die Tiere verschmutzt sein können, der weit über den eigentlichen technischen Bedarf hinausgeht.

5 Zusammenfassung

Arbeitsstudien zur Beurteilung der Struktur von Nebenarbeiten in einem Versuchsbetrieb ergaben keine grundlegenden Unterschiede zu den Ergebnissen aus praktischen Betrieben. Treiben von Kühen und Reinigungsarbeiten verursachten den Hauptanteil des beobachteten Arbeitszeitaufwandes. Die Reinigungsarbeiten nahmen in dem Versuchsbetrieb aus versuchstechnischen Gründen und im Hinblick auf die Betreuung von Besuchergruppen deutlich mehr Zeit in Anspruch als in baulich vergleichbar strukturierten Praxisbetrieben.

6 Literatur

ORDOLFF, D.: Untersuchungen zum Arbeitszeitbedarf für Nebenarbeiten beim Melken. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 50, 1998, S. 127-132

Investigations on the structure of labour requirement for supplementary work around milking

BILGEN, HAMDI[1,3] AND DIETER ORDOLFF[2,3]

[1] Dept. of Agr. Machinery, Ege University Agr. Faculty, Bornova-Izmir, Turkey
[2] Institute for Process Engineering, Federal Dairy Research Centre, Hermann-Weigmann-Str. 1, D-24103 Kiel
[3] Institute for Production Engineering and Farm Building Research, Federal Research Centre for Agriculture, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

Results of work studies in an experimental farm to evaluate the structure of supplementary work around milking did not considerably differ from results obtained in practical farms. Labour requirement observed was mainly caused by cow driving and cleaning operations. Due to experimental work and with respect to frequent visitor groups cleaning operations in the experimental farm required considerably more time than in practical farms with comparable structure of buildings.

Automatische Melkverfahren (AMS) im Praxiseinsatz: Entwicklung der Eutergesundheit und Interpretation von Milchabgabeprofilen

PETERMANN, M.[1], W. WOLTER[2], CHRISTIANE RITTERSHAUS[1], BÄRBEL KLOPPERT[2], M. ZSCHÖCK[2] UND H. SEUFERT[1]

[1] Institut für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Giessen, Braugasse 7, 35390 Giessen
[2] Staatliches Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt Mittelhessen, Marburger Str. 54, 35396 Giessen

1 Einleitung

Die in den letzten Jahren fortschreitende Entwicklung und das zunehmende Interesse an Verfahren zur automatischen Milchgewinnung werfen neben den Fragen nach wirtschaftlichen Vorteilen der Reduzierung des Arbeitseinsatzes und der erhöhten Milchleistung, sowie der sozialen Komponente der freieren Arbeits- und Zeiteinteilung, die Frage nach der Verbesserung der Eutergesundheit und der Milchqualität auf.

Das Ziel der von uns durchgeführten Untersuchungen ist die Beurteilung von Milchflusskurven und zytobakteriologischer Untersuchungsergebnisse auf Viertelebene, sowie deren zeitliche Entwicklung und die Darstellung eventueller Zusammenhänge der erhobenen Ergebnissen.

Bei den untersuchten Betrieben handelt es sich um einen Bestand mit ca. 70 Kühen und einem automatischen Melksystem in Form einer Einboxenanlage, sowie einen Betrieb mit ca. 110 Kühen und zwei Einboxenanlagen.

2 Material und Methoden

Während des laufenden Betriebs wurden mittels LactoCorder^{R} (Foss) auf Viertelebene Milchflusskurven aufgezeichnet. Diese Messungen liefern unter anderem Ergebnisse über die Viertelgemelksmenge, den höchsten Milchfluss, die Dauer des Melkvorgangs und eventuelle Blindmelkzeiten. Darüber hinaus wurde zu jeder Messung ein Melkprotokoll geführt, in dem zeitliche Abläufe, Euterform, Tierverhalten und etwaige Besonderheiten während des Melkvorgangs festgehalten wurden.

Zeitnah zu diesen Messungen wurden von allen laktierenden Tieren antiseptisch Viertelanfangsgemelksproben entnommen. Die Probenentnahme erfolgte direkt im AMS, unmittelbar vor Melkbeginn.

Diese Proben wurden mittels eines fluoreszenzoptischen Verfahrens (Fossomatic^{R} 360) auf ihren Zellgehalt hin untersucht.

Proben mit einem Zellgehalt von weniger als 100.000 Zellen pro ml wurden als Proben von gesunden Eutervierteln klassifiziert.

Bei Proben die mehr als 100.000 Zellen pro ml aufwiesen wurde, da in diesem Fall der Verdacht einer subklinischen Mastitis nahelag (DVG 1994), eine bakteriologische Untersuchung durchgeführt (IDF 1981).

Um Aussagen über die Entwicklungen und Veränderungen in den Betrieben treffen zu können wurden die Untersuchungen in vierteljährlichen Abständen wiederholt.

3 Ergebnisse

Beide Bestände waren zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung frei von Streptococcus agalactiae, dem Erreger des Gelben Galts.

Andere spezifische Mastitiserreger wie Staphylococcus aureus oder Streptococcus dysgalactiae waren in weniger als 5 % der Proben nachweisbar.

Als Hauptursache für subklinische Mastitiden wurden sogenannte umweltassoziierte Keime wie Koagulase-negative Staphylokokken, Äskulin-positive Streptokokken sowie Enterokokken diagnostiziert.

Der Anteil, an subklinisch, mit umweltassoziierten Erregern infizierten Vierteln nahm im einen Bestand von 7,5 % auf 17,7 % zu, wohingegen er sich im zweiten Betrieb sowohl zu Beginn als auch zum Ende der Untersuchungen bei Werten um 30 % bewegte.

In Bezug auf das Milchabgabeverhalten lässt sich betriebsunabhängig ein Rückgang der Viertelgemelksmenge pro Melkung sowie ein Rückgang der viertelspezfischen Blindmelkzeiten feststellen.

Beim höchsten Milchfluss wurde im Betrachtungszeitraum auf Viertelebene ein Rückgang um 0,27 kg/min festgestellt.

Subklinisch infizierte Euterviertel weisen im Vergleich zu gesunden Vierteln einen im Durchschnitt um bis zu 17,3 % höheren maximalen Milchfluss auf.

4 Zusammenfassung

Die erhobenen Ergebnisse und die von uns gemachten Beobachtungen zeigen, dass für die Gesunderhaltung und somit für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit einer Milchviehherde, die mit einem automatischen Melkverfahren gemolken wird, sowohl im Vorfeld der Systemumstellung als auch in regelmäßigen Abständen während des laufenden Betriebs eine Kontrolle des Eutergesundheitsstatus, zusätzlich zu den täglichen Kontrollen des Landwirts, durchgeführt werden sollte.

Darüber hinaus sind technische Verbesserungen im Bereich der Sensortechnik und Datenverarbeitung nötig, um eine ausreichende Euterreinigung und frühzeitige Mastitiserkennung zu gewährleisten und somit zur Sicherstellung einer hohen Milchqualität und stabilen Eutergesundheit beizutragen.

5 Literatur

DEUTSCHE VETERINÄRMEDIZINISCHE GESELLSCHAFT (DVG): Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Herdenproblem. Sachverständigenausschuss „Subklinische Mastitis" des Arbeitskreises „Eutergesundheit", Kiel, 1994

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF/IMV): Laboratory Methods for Use in Mastitis work. Bulletin No 132, 1981

Automatic milking systems (AMS): Udder health and milk flow profiles

PETERMANN, M.[1], W. WOLTER[2], CHRISTIANE RITTERSHAUS[1], BÄRBEL KLOPPERT[2], M. ZSCHÖCK[2] AND H. SEUFERT[1]

[1] Institut für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Giessen, Braugasse 7, 35390 Giessen, Germany
[2] Staatliches Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt Mittelhessen, Marburger Str. 54, 35396 Giessen, Germany

Automatic milking systems are used on nearly 1000 practical farms. This investigation describes results on udder health and single quarter milk flow profiles. On farms using AMS, technique and management are getting more important, so further improvements on udder cleaning, controling udder health, monitoring milk quality and computer controlled herd management are necessary.

Sensors to the healthy and quality monitoring on milking

RADEV, DIMITAR[1], IVAILO STOYANOV[1] AND MIHAIL ILIEV[2]

[1] Department ESEO, University of Rousse, 8 Studentska Str., 7017 Rousse, Bulgaria
[2] Department Electronic, University of Rousse, 8 Studentska Str., 7017 Rousse, Bulgaria

1 Introduction

Automatic systems for monitoring are the basic precondition for the increase of productivity of dairy cows, by means of which are established deviations from the general health status of the animal and the quality of the milk. ARTMANN (1997) divides the technical means for this monitoring into two basic groups:

- ✓ sensors for direct measuring of parameters (temperature, electrical conductivity and quantity of the milk);
- ✓ systems, based on the behaviour and productivity data (activity, frequency and number of feedings, milk yield, real weight, etc.).

The first group is referred to as "sensors for milk", because they are located in the milking machine (RADEV ET AL. 2000). They are used for detecting the inflammation of udder or mastitis, based on the changes of the specific electrical conductivity, milk yield and the temperature of the (quarter of) milk (MAATJE ET AL.1992).

Sensor systems for measuring the conductivity, milk flow and milk quantity have already been used in the automatic milking systems (system Lely: WENDL ET AL. 1999) and in milking robots. More complex is the problem with the conventional milking machines, for example regarding milking with a central milk pipeline. Based on the existing online measuring system (RADEV ET AL. 2000) at the University of Rousse is developed a microprocessor device for automatic detection of mastitis during the milking process. In the present development are evaluated the opportunities for applying sensors for temperature and specific electrical conductivity of milk for sanitary and quality monitoring of milking.

2 Material and method

The research has been carried out at the Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture - Troyan on cows from the Jersey breed. Milking is done by means of equipment with a central milk pipeline. Tests have been carried out by simultaneous measuring of temperature and electrical conductivity of milk for each quarter of the tested cow (fig.1). The measuring cells are placed in the short milk pipe of the milking machine before the collector. In each measuring cell are located two sensors for measuring :

- ✓ The specific electrical conductivity by a capacity method.
- ✓ The temperature by means of a transistor of the type BCW32, connected in diode mode. Upon surface contact between the transistor and the milk, the resistance of its p-n junction is changed linearly with very big transconductance.

The microprocessor-measuring device has independent power supply. It consists of PIC controller 16FC4, EEPROM memory 24C08 and buffer for connection by serial interface RS232

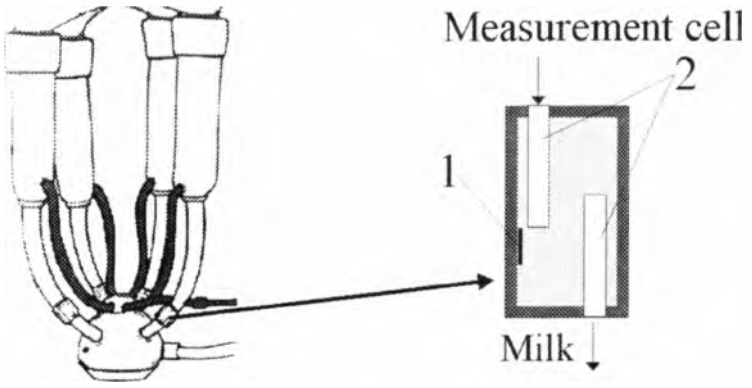


Fig. 1: Sensors for temperature 1 and electrical conductivity of the milk 2

with a personal computer (fig. 2). The system measures the number of digital impulses that enter the microcontroller's input. Considering that analogue quantities are measured (temperature and electrical conductivity), the signal from the eight sensors (two for each quarter of udder) is transformed into frequency by ADC. A programme can set the discretization of the measured values. Due to the character and the duration of the milking process (up to 9 minutes), the experimental data can be filed and stored in an EEPROM memory every 10 seconds. After milking has finished, the values for the electrical conductivity of the milk and its temperature are transferred through the channel for connection to the PC. The exchange of information is performed using a standard I^2C protocol and specialized software in decimal format.

It can be visualized and printed for each milking process using spreadsheets.

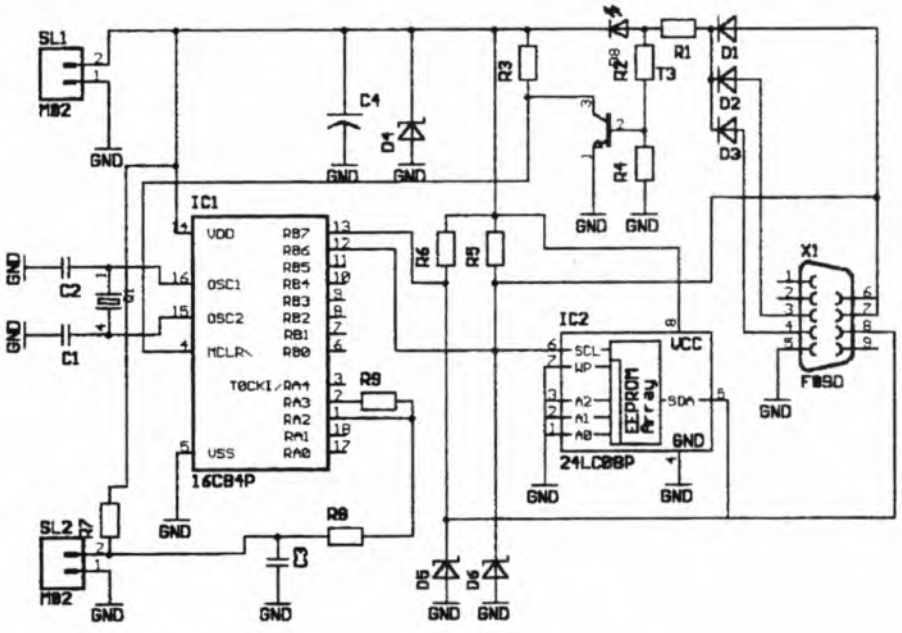


Fig. 2: Microprocessor system for automatic detection of mastitis

3 Results and analysis

The research to a great extent confirms the conclusions, made by SCHÖN (1993). The increase of the value of the electrical conductivity of milk in the milking process shows the beginning of an inflammation of that quarter. In the case of early diagnostics of mastitis, this parameter

has to be monitored in all quarters. One of the criteria for sub clinic mastitis is the increase of the electrical conductivity in one or more quarters above 0,6 mS/cm compared to the healthy ones (fig. 3a). This difference is most clearly expressed at the beginning of each milking.

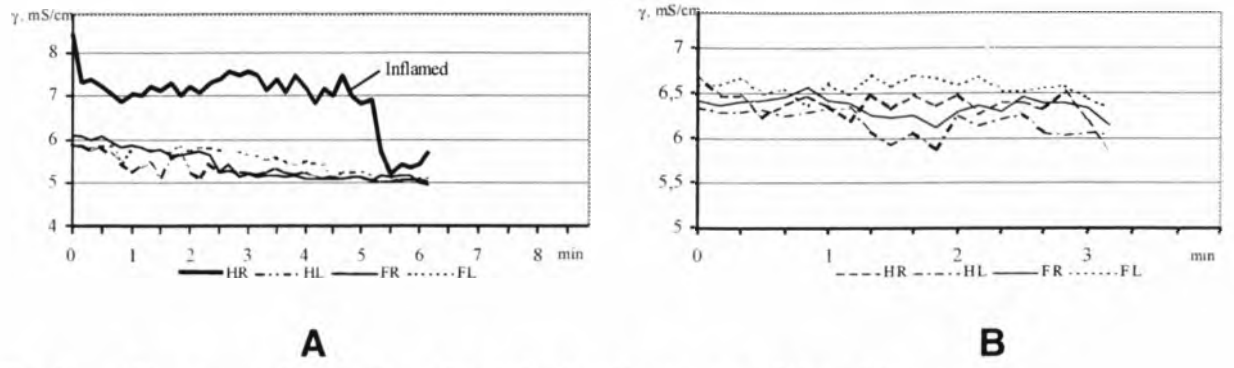


Fig. 3: Change of electrical conductivity in all quarters of the udder
A - in case of inflamed quarter, B - general increase of conductivity

In the case of increase of electrical conductivity simultaneously in all quarters of the udder (fig. 3b), the appearance of sub clinic mastitis is impossible to establish, even if previous milking with normal values of conductivity is used as a base. As an additional criterion we suggest using the temperature of the milk. The tests have shown that in the case of inflammation of even one quarter, the temperature of the milk increases simultaneously in the whole udder. Essential differences in the temperature of the milk from the different quarters have not been found, therefore its average value of change in the milking process can be used. The differential difference of this temperature, compared to the normal value of a healthy udder is more than 0,3 °C (fig. 4).

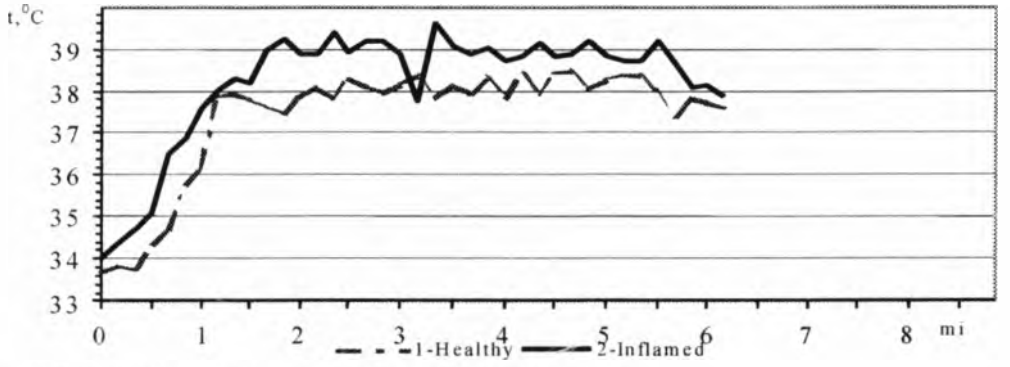


Fig. 4: Change of temperature in the milking process
1 - healthy udder, 2 - inflamed udder

To obtain precise assessment with early diagnosing of mastitis, it is sufficient to use sensors for temperature and specific electrical conductivity. Automatic control on their values during the milking process is advisable - electrical conductivity is measured for each quarter of the udder, and the temperature - simultaneously for the whole udder.

4 Conclusions

It has been established that the specific electrical conductivity and the temperature of milk change their values in the case of inflammation of the udder, which makes them appropriate

parameters for early diagnostics of mastitis. The suggestion is: sensors that can be used in a microprocessor device for automatic detection of sub clinic mastitis in the milking process.

Based on the conducted research, criteria for evaluation the status of the animals' health and the quality of the milk have been worked out. They can be used in data processing by an operational information system that carries out monitoring of the flock by intelligent means (neural network, fuzzy logic, Kalman Filter et al.).

5 Literatur

ARTMAN, R. (1997): Sensorsysteme für automatische Melksysteme (AMS), Kraftfutterautomaten. In: 3. Intern. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kiel, 11.-12. März 1997, S. 261-268

MAATJE, K.; P.H. HOGEWERF, W. ROSSING UND R.T. VAN ZONNEVELD (1992): Measuring quarter milk electrical conductivity, milk yield and milk temperature for detection of mastitis. Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking, Wageningen, 23.-25. November 1992, S. 119-133

RADEV, D.; I. STOYANOV UND V. JAKOV (2000): Automated electronic activity measurement for oestrus detection of dairy cows. Referate der 21. GIL-Jahrestagung, Freising-Weihenstephan, S. 158-161

RADEV, D.; I. STOYANOV UND M. ILIEV (2000): Online measurement system with Kalman filter. Proceedings of the AAS'2000: International symposium on applied automatic systems, 21.-23. September 2000, Ohrid, Republic of Macedonia, S. 129-132

SCHÖN, H. (1993): Elektronik und Computer in der Landwirtschaft. Verlag E. Ulmer, Stuttgart

WENDL, G.; H. SCHÖN, J. HARMS, S. PURUCKER UND H. PIRKELMANN, H. (1999): Tier- und Melkvehalten bei automatischen Melksystemen - Ergebnisse von Einsatzuntersuchungen mit Einboxenanlagen. In: 4. Intern. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Freising, 9.-10. März 1999, S. 179-184

Sensoren zur Gesundheits- und Qualitätsüberwachung beim Melken

RADEV, DIMITAR[1], IVAILO STOYANOV[1] UND MIHAIL ILIEV[2]

[1] Department ESEO, University of Rousse, 8 Studentska Str., 7017 Rousse, Bulgaria
[2] Department Electronic, University of Rousse, 8 Studentska Str., 7017 Rousse, Bulgaria

An der Universität Rousse wurde ein Mikroprozessor für automatische Früherkennung von Euterentzündungen beim Melken mittels Sensoren für Temperatur und elektrische Leitfähigkeit der Milch entwickelt. Die Forschung wird am Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture Troyan mit Kühen der Rasse Jersey durchgeführt. Für jedes Euterviertel werden gleichzeitig Temperatur und spezifische elektrische Leitfähigkeit der Milch im kurzen Milchschlauch gemessen. Im Falle einer Euterentzündung erhöht sich die spezifische elektrische Leitfähigkeit über 0.6 mS/cm und die Milchtemperatur um mehr als 0,3 °C verglichen mit dem gesunden Euter. Bewertungskriterien für den Tiergesundheitstatus und die Milchqualität werden vorgeschlagen. Diese können zum Überwachen der Herde in einem betrieblichen Informationssystem genutzt werden (z.B. neural Netz, Fuzzy-Logik, Filter Kalman).

Einfluss des Milchflusses auf die Druckverhältnisse an verschiedenen Punkten des Melkzeuges

BRUNSCH, REINER UND EIKE SCHERPING

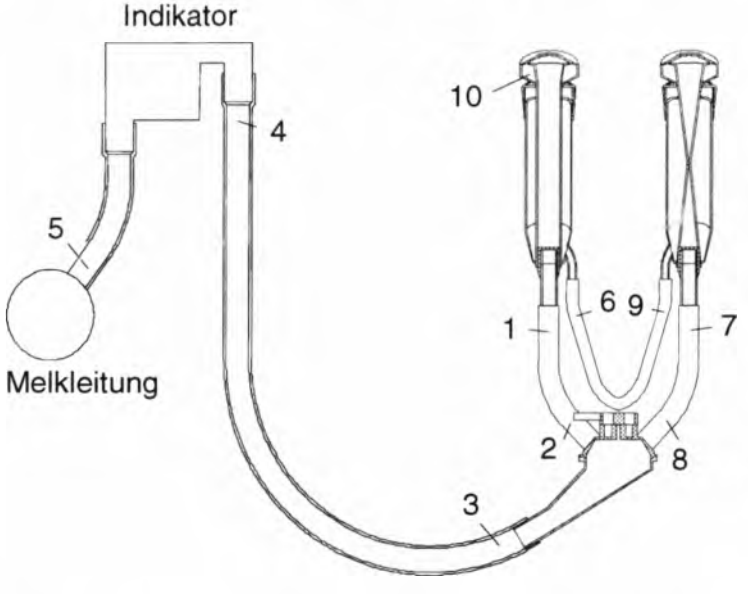
Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

1 Einführung

Die Forderung der technischen Realisierung eines euterschonenden Milchentzuges stellt eine Herausforderung dar. Die Variation zahlreicher Bedingungen, die den Milchentzug beeinflussen, führt zwangsläufig zu Kompromissen in den konstruktiven Parametern von Melkzeugen. Ausdruck dessen ist das breite Spektrum der angebotenen Melkzeuge. Beratungsempfehlungen zur herdenangepassten Melkzeugauswahl basieren überwiegend auf Erfahrungen, weniger auf vergleichenden Untersuchungen. Eine wichtige Einflussgröße auf die Druckverhältnisse ist der aktuelle Milchfluss. Dieser beeinflusst sowohl die Ableitungsbedingungen der Milch als auch die Belastung des Eutergewebes. Die derzeit laufenden Versuche an einer Auswahl marktüblicher Melkzeuge haben das Ziel erste Tendenzen zur relativen Vorzüglichkeit bestimmter Melkzeuge bei unterschiedlichem Milchfluss abzuleiten.

2 Material und Methoden

Auf dem ATB-Versuchsmelkstand werden an verschiedenen Melkzeugen die Druckverläufe an zehn Punkten des Melkzeuges gleichzeitig gemessen. Die Anordnung der Messpunkte ist in Abbildung 1 zu erkennen (A & R Trading GmbH).



Die einzelnen Sensoren der Druckmesstechnik werden vor jedem Versuchsdurchgang untereinander abgeglichen und erforderlichenfalls kalibriert. Nach Abschluss einer Messserie wird nochmals eine Parallelmessung aller zehn Messfühler durchgeführt. Fehlinterpretationen von Messwerten infolge einer systematischen Wertedrift werden damit weitgehend ausgeschlossen.

Abb. 1: Messstellenanordnung zur Druckmessung am Melkzeug
Arrangement of measuring points

Eine Salzlösung gelangt aus einem Vorratsbehälter über Durchflussregler in die Melkbecher. Der Durchfluss wird für alle vier Melkbecher auf den jeweils identischen Wert eingeregelt. Bei Erreichen eines "stabilen" Durchflusses werden die Druckmessungen gestartet. Für das Euter kommt ein Minutengemelk zwischen 1,6 und 8 l/min zusammen.

Alle Messungen erfolgten bei einem Nennvakuum von 42 kPa. Die Melkzeuge A und B wurden unter Wechseltakt analysiert, während Melkzeug C unter Gleichtakt arbeitete. Die charakteristischen Einstellparameter sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Melkzeuge B und C sind aus dem Standardsortiment des deutschen Marktes. Das Melkzeug A besitzt an jedem Zitzengummikopf einen Lufteinlassstutzen und hat ein leichtes Sammelstück.

Tab. 1: Einstellparameter des Melkplatzes
Technical characteristics

Parameter		**Melkzeug C**	**Melkzeug A und B**
Pulszahl	1/min	55	62
Phasenverhältnis		55/45	64/36

3 Ergebnisse

3.1 Vakuum im kurzen Milchschlauch bei identischem Durchfluss

Für den Durchfluss von 4,8 l/min wurden die Druckverhältnisse in den kurzen Milchschläuchen der drei Melkzeuge ausgewertet. Typische Verlaufskurven sind in Abbildung 2 dargestellt. Besonders auffällig ist die starke Schwankung bei Melkzeug C unter Gleichtaktbedingungen. Dieser Verlauf geht mit der Pulskurve synchron. Im Vergleich zwischen Melkzeug A und B ist ein ruhigerer Verlauf bei Melkzeug A zu beobachten. Bei diesem Melkzeug reicht der Maximalwert nicht über 38 kPa und bleibt damit deutlich unter dem Anlagenvakuum.

3.2 Milchfluss und Vakuumhöhe

Zur Charakterisierung der Zusammenhänge zwischen Milchfluss und Höhe des Vakuums im kurzen Milchschlauch wurden die Mittelwerte aller Messwerte des jeweiligen Messpunktes für den jeweiligen Durchfluss errechnet. Zunehmender Milchfluss reduziert bei allen Melkzeugen die Vakuumhöhe im kurzen Milchschlauch erheblich. Beispielsweise liegt für Melkzeug C der Mittelwert am Messpunkt 7 (kurzer Milchschlauch, nahe Schauglas) bei einem Durchsatz von 1,6 l/min noch bei rund 38 kPa und geht bei 8 l/min auf unter 31 kPa zurück. Auch die beiden anderen Melkzeuge zeigen ein ähnliches Verhalten.

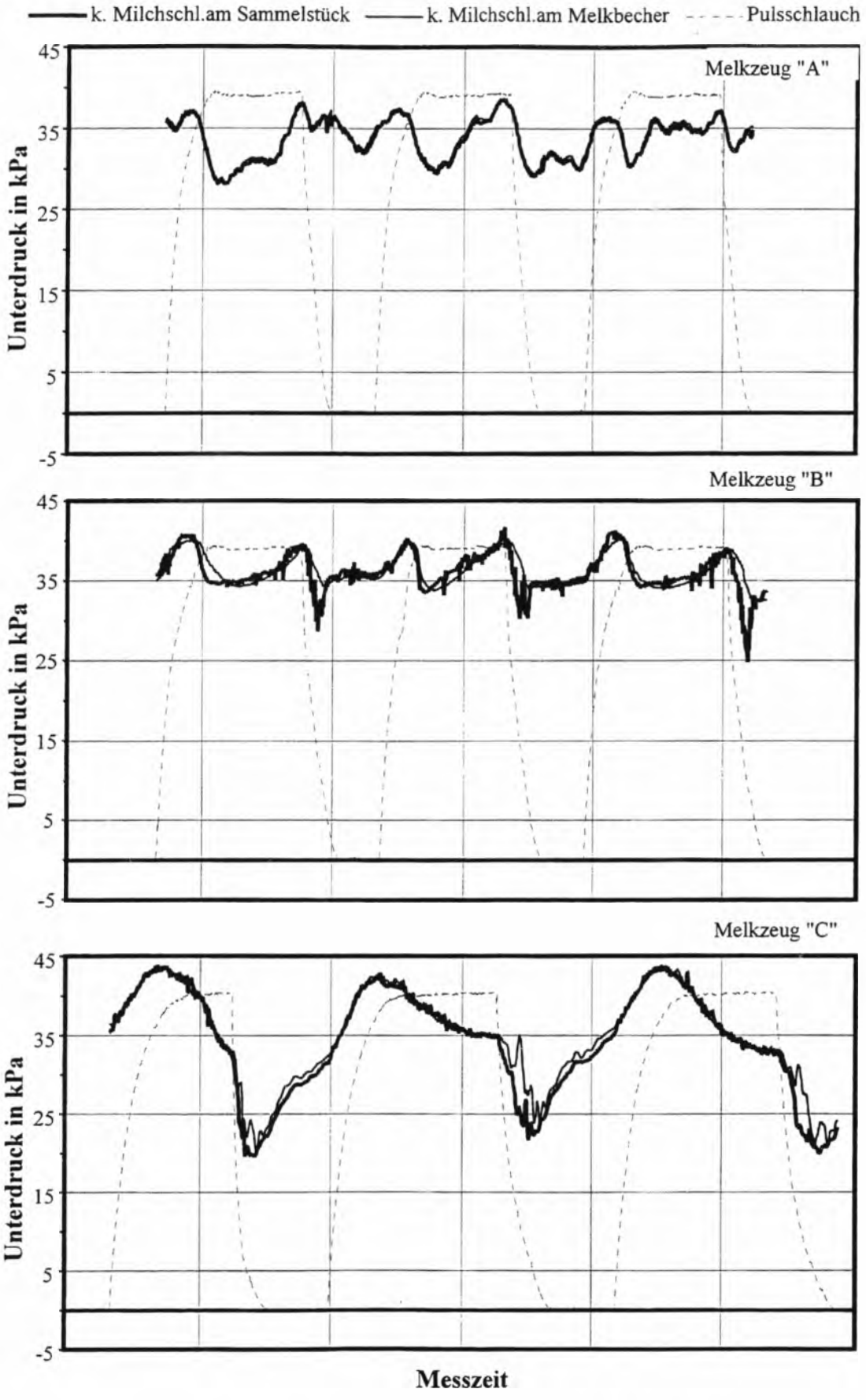


Abb. 2: Druckverhältnisse im kurzen Milchschlauch unterschiedlicher Melkzeuge
Pressure data from short milk tubes

4 Diskussion

Empfindliche Drucksensoren und schnelle Datenaufzeichnung ermöglichen eine genaue Beschreibung der Druckverhältnisse in der Milchleitung und an verschiedenen Punkten des Melkzeuges. Mit dem vorgestellten Versuchsaufbau können verschiedene Melkzeuge unter vergleichenden Bedingungen charakterisiert werden. Das verwendete Eutermodell entspricht unzureichend den natürlichen Bedingungen, da es über die gesamte Melkdauer auf allen vier Vierteln Flüssigkeit in die Melkbecher entlässt. Die verwendeten Nadeln zur Druckmessung in den Schläuchen haben sich in der praktischen Melkanlagenprüfung bewährt. Die Unsicherheiten der Positionierung im Leitungsquerschitt können das Messergebnis beeinflussen. Für zuverlässigere Aussagen sind konstruktive Veränderungen nötig.

Mit der derzeit verfügbaren Messtechnik können in hoher zeitlicher Auflösung Parallelmessungen erfolgen. Die so gewonnenen Ergebnisse werfen zahlreiche Fragen zur Euterphysiologie auf.

The influence of milk flow on the pressure distribution at serval points of a milking unit

BRUNSCH, REINER AND EIKE SCHERPING

Institute of Agricultural Engineering Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany

To make udder friendly milking process is a goal of activities of several scientists and producers of milking equipment. First results with a new technique for pressure measurement are presented. The relation between milk flow and the pressure in the short milk tubes was analysed with three types of milking units.

One of the most important thing is to improve the conditions for the experiments to make them repeatable and similar to practical conditions.

Stimulation des Milchejektionsreflexes in Fischgrätenmelkständen

LAURS, ARMINS UND JURIS PRIEKULIS

Institut für Agrotechnik, Agraruniversität Lettland, LV-3001 Jelgava

1 Einleitung

Das Anrüsten des Milchabgabereflexes hat im Melkprozess eine große Bedeutung. Das einfache Anrüsten wird von einer Melkerin durchgeführt, indem vor dem Melken das Kuheuter massiert wird. Das ist ein arbeitsaufwendiger Prozess und kann 1 Minute und mehr dauern. Um den Arbeitsaufwand zu verringern, wurden Melkzeuge entwickelt, die am Anfang des Melkens als Anrüstregime funktionieren, daneben wird eine Melkerin von dieser Arbeit befreit. Jetzt werden diese Melkzeuge von allen führenden Firmen, die auf diesem Gebiet tätig sind, produziert (z.B. WESTFALIA, DE LAVAL u.a.). Trotz der Vorteile haben diese stimulierenden Melkzeuge auch Nachteile. Als die Wesentlichsten sind die hohen Preise und die Melkzeitverlängerung zu erwähnen. Die verlängerte Melkzeit und die verringerte Handarbeitszeit rufen eine Wartezeit der Melkerin hervor. Daneben entsteht die Notwendigkeit, die Anzahl der Melkzeuge und Melkplätze zu vergrößern, was den Melkanlagenpreis noch mehr erhöht.

Mit der Hilfe der Forschung haben wir festgestellt, dass bei der zielgerichteten Ausnutzung des Anrüstens des bedingten Reflexes der Milchabgabe die Kühe ohne zusätzliches Handanrüsten stimuliert werden können.

In diesem Artikel sind die Forschungen beschrieben worden, deren Ziel war, Kuhmelkverfahren in Fischgrätenmelkständen auszuarbeiten, bei denen die Stimulation des Milchejektionsreflexes ohne spezielle manuelle Massage der Euterviertel gewährleistet wird.

2 Material und Methoden

Die Forschungen werden in Fischgrätenmelkständen (2 x 8) mit automatisierter Melkzeugabnahme durchgeführt. Die Melkanlage wurde von einer Melkerin betreut. Es wurden 3 technologische Varianten des Melkens überprüft (Abb. 1).

- Bei der ersten Variante hat die Melkerin die Zitzen bei allen Kühen die Reihe nach mit einem Tuch gereinigt, die ersten Milchstrahlen abgemolken und das Melkzeug angesetzt.
- Bei der zweiten Variante hat die Melkerin die Euter der 1. bis 4. Kuh zum Melken vorbereitet und dann von der 1. bis zur 4. Kuh der Reihe nach die Melkzeuge angesetzt.
- Bei dritten Variante wurde dieser Prozess von der Melkerin von der 1. bis zur 8. Kuh durchgeführt.

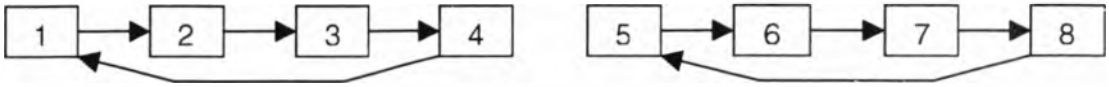
Die quantitative Bewertung des Anrüstens wurde durchgeführt, indem der interzisternale Druck in der Milchdrüse gemessen wurde und die Veränderungen des Druckes beobachtet wurden. Die Messungen wurden mit spezieller Apparatur durchgeführt. Gleich nach dem Ankommen der Kuh im Melkstand wurde ein langer Katheter in eine der Zitzen eingeführt. Nach dem Ansetzen des Melkzeuges und Stabilisierung des Druckes wurde 1 Minute Massage des

Euters durchgeführt. Der nach der Massage erreichte Druck wurde als 100 % genommen und daraus wurden die anderen Druckmessungen berechnet. Die Untersuchungen wurden an 15 Kühen in der Gruppe viermal wiederholt.

1. Variante



2. Variante



3. Variante

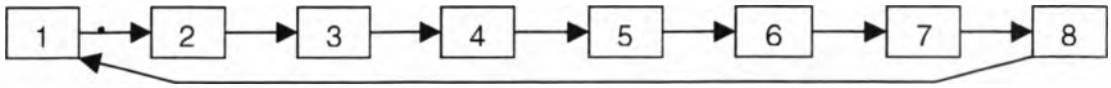


Abb. 1: Technologische Forschungsvarianten des Melkens
Experimental versions of milking technologie

Als Zusatzkriterium der Effektivität des Anrüstens wurde auch die Dynamik des Melkens ausgenutzt. Die Untersuchungen wurden in einer Gruppe von 130 Kühen mit viermaliger Wiederholung durchgeführt.

Die Dynamik des Milchausflusses wurde bei der Ausnutzung der Kippschalenmilchzähler bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der quantitativen Bewertungen des Anrüstens sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tab.1: Relative Veränderungen des interzisternalen Druckes im Prozess des Anrüstens bei verschiedenen technologischen Varianten des Melkens
Relative changes off intramammary milk pressure during stimulation process with various milking technologies

Technologische Variante	Melk-stand	Druck nach dem Ankommen, %	Druck im Moment des Melkzeug Ansetzens, %	Druck vor der Zusatzmassage, %	Drucksteige-rung bis zum Ansetzen des Melkzeuges, %
Jede Kuh getrennt (1. Variante)	1	61,0 ± 2,5	64,0 ± 3,1	96,0 ± 0,9	3,0
	8	64,0 ± 3,6	85,0 ± 3,0	97,0 ± 0,9	20,0
Gruppe der Kühe (1.-4.)+ (5.-8.) (2.Variante)	1	61,0 ± 2,5	94,0 ± 1,2	96,0 ± 0,9	33,0
	8	64,0 ± 3,6	85,0 ± 3,0	97,0 ± 0,9	20,0
Gruppe der Kühe 1.-8. (3. Variante)	1	61,0 ± 2,5	94,0 ± 1,2	96,0 ± 0,9	33,0
	8	58,0 ± 2,7	86,0 ± 3,9	96,0 ± 1,0	28,0

Ausgehens von den Ergebnissen, die in Tabelle 1 dargestellt sind, sieht man folgendes: Bei der Anwendung der 1. Variante hat sich der Milchabgabereflex für viele Kühe, die am ersten Melkplatz sind, im Moment des Melkzeugansetzens noch nicht realisiert. Aber in der 2. und 3. Variante hat er sich schon völlig realisiert. Am 8. Melkplatz hat sich der Milkabgabereflex in allen Varianten im Moment des Melkzeugansetzens fast völlig realisiert.

Die Ergebnisse von Messungen der Dynamik des Milchausflusses sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Kennzahlen der Dynamik des Milchflusses bei verschiedenen technologischen Varianten des Melkens
Indications of milk flowrat with various milking technologie versions

Technologische Variante	Gemelk in der Ersten Minute, kg	Mittlere Intensität des Melkens, kg/min	Maximale Intensität des Melkens in 20 s, kg/min
Jede Kuh getrennt (1. Variante)	1,53 ± 0,06	1,58 ± 0,05	2,44 ± 0,07
Gruppe der Kühe (1.÷4.)+ (5.÷8.) (2. Variante)	1,73 ± 0,07	1,61 ± 0,05	2,36 ± 0,08
Gruppe der Kühe 1.÷8. (3. Variante)	1,80 ± 0,06	1,66 ± 0,05	2,46 ± 0,07

In Tabelle 2 sieht man, dass das Gemelk der ersten Minute in der 1. technologischen Variante viel niedriger ist, als in den 2. und 3. Varianten (P2 = 0,9; P3 = 0,999). Der Unterschied zwischen den Ergebnissen der 2. und 3. Varianten ist nicht wesentlich. Die anderen Ergebnisse unterscheiden sich voneinander auch nicht. In der 1. Variante konnte man in 34 % der Fälle am Melkanfang den Intensitätsfall mit folgenden Zuwachs beobachten. Das bedeutet, dass in der 1. Variante kein vollwertiges Anrüsten gewährleistet war.

Aus den gewonnenen Ergebnissen sieht man, dass sowohl der bedingtreflektorische Erregerkomplex (eine Situation im Melkraum, die Nähe der Melkerin u.a.), als auch der unbedingtreflektorische Erreger (Zitzenabwischen, das erste Milchstrahlabmelken) bei richtiger Arbeitsorganisation einen vollwertigen Milchabgabereflex hervorrufen, auf den der Zuwachs des Innendrucks des Euters hinweist.

Für die Praxis kann empfohlen werden, die 3. technologische Variante anzuwenden, die fürs Anrüsten gute Bedingungen an allen Melkständen gewährleistet.

4 Schlussfolgerungen

1. Sowohl vom Ankommen der Kuh auf ihrem Melkplatz bis zum Anfang der Euterbearbeitung, als auch von der Euterbearbeitung bis zum Ansetzen des Melkzeuges vergehen verschiedene Zeitabschnitte. Das hängt vom Ort des Melkstandes und von der technologischen Variante des Melkens ab. Diese Zeit wirkt auf das Niveau des Anrüstens verschieden ein.
2. Das vor dem Ansetzen des Melkzeuges erreichte Niveau des Anrüstens verändert die Dynamik der Milchabgabe während der Melkzeit.

3. Um das vollwertige Anrüsten ohne Eutermassage mit der Hand zu gewährleisten, ist es notwendig, vom ersten bis zum letzten Melkplatz die Vorbereitung des Euters durchzuführen und den ersten Milchstrahl abzumelken, dann kehrt man zum ersten Melkplatz zurück und setzt man allen Kühen die Melkzeuge an.

5 Literatur

WESTFALIA: Stimopuls V. Prospekt

DE LAVAL: Duovak. Prospekt

Stimulation of milk ejection reflex in the herringbone parlor

LAURS, ARMINS AND JURIS PRIEKULIS

Institute of Agriculture Engineering, Latvia University of Agriculture, LV-3001 Jelgava

The objective of research described in this article is to develop a milking technology for the herringbone parlor which ensures the stimulation of milk ejection reflex without a special manual massage. The study has been carried out in a herringbone parlor (2x8) with an automatic cluster removal. The milking was done by one milker. Three milking technology versions were tested. In the first version the milker in succession hygienically prepared each cow's udder and attached the cluster. In the second version the milker prepared for milking the udder of the 1st to 4th cow and afterwards attached the cluster from the 1st to 4th cow. In the third version the same procedure was applied to the 1st to the 8th cow. The observation of the stimulation level was done by measuring changes of the intramammary pressure in each udder quarter. Milking dynamics was used as an additional criterion for assessment of stimulation efficiency. During the study the conclusion was drawn that in order to ensure a complete stimulation without an additional manual massage of the quarters, it is necessary to prepare the udder by stripping, starting from the 1st to the 8th cow, but afterwards the milker should return to the first cow and attach clusters to all cows in succession.

Einflüsse auf das Liegeverhalten von Milchkühen in verschiedenen Laufstallsystemen

HÖRNING, BERNHARD UND JOHANN TOST

Fachgebiet Angewandte Nutztierethologie und Artgemäße Tierhaltung, Univ. GH Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen

1 Zielsetzung

In den letzten Jahren finden eingestreute Milchviehlaufställe aufgrund niedrigerer Investitionskosten vermehrtes Interesse in der Praxis, demgegenüber stehen jedoch Mehraufwendungen durch die Stroh-/Festmistkette (siehe Beispielsrechnungen bei HÖRNING 2000). Zum Tierverhalten sind bislang kaum vergleichende Untersuchungen dieser z.T. neuartigen Haltungssysteme durchgeführt worden. Ziel der Untersuchung war, etwaige Unterschiede im Liegeverhalten zwischen diesen Systemen bzw. Einflüsse hierauf zu analysieren.

2 Methodik

Die Untersuchungen wurden auf 40 Milchviehbetrieben an insgesamt 2.062 Kühen (70 % Schwarzbunte) durchgeführt. Dabei handelte es sich um je 10 Tieflaufställe, Tretmistställe und herkömmliche bzw. ‚Komfort'-Boxenlaufställe; wobei sich letztere durch größere Maße, reichlich Einstreu und weniger restriktive Abtrennungen auszeichneten. Insgesamt 21 Verhaltensmerkmale wurden durch 7–8-stündige Direktbeobachtung je Betrieb erhoben. Ferner wurden Technopathien und Tierverschmutzung bonitiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Einflüsse innerhalb eines Systems

Im Folgenden werden innerhalb eines Haltungssystems abgesicherte Korrelationen zwischen einzelnen Stall- bzw. tierbezogenen Merkmalen besprochen (Tab. 1), zunächst für die **Boxenmaße**. Beim Aufstehen benötigt die Kuh Platz nach vorne (Kopfschwung), beim Abliegen Platz zur Seite (BOCKISCH 1991). Mit steigender Boxenlänge bzw. -breite nahm die Anzahl der *Abliegeversuche* ab. Dies galt auch für die Anzahl der *Aufstehversuche*. Beides deutet auf weniger Behinderungen dieser Bewegungsabläufe hin. Die *Abliegevorbereitung* (Kontrolle der Liegeplatzqualität durch pendelnde Kopfbewegungen) war kürzer bei längeren und breiteren Boxen. Hin- und Hertreten mit den Vorderbeinen (*Umtreten*) nahm mit steigender Boxenbreite ab, sowie mit zunehmender Boxenlänge bei den Komfortboxen (–0,81**). Dieses Verhalten wird mit Unsicherheit vor dem Abliegen erklärt. Die *Abliegedauer* war verkürzt bei längeren und breiteren Boxen (BOCKISCH 1991), was auf weniger Behinderungen hinweist. Die *Gesamtliegedauer* und die *Dauer der Liegeperioden* nahm mit steigender Boxenbreite zu, erstere tendenziell auch mit steigender -länge. Mit steigender Boxenlänge/-breite gab es mehr durchschnittlich bzw. maximal *gleichzeitig liegende Tiere*, welches für eine bessere Herdensynchronität steht. *Hinterbeinstreckungen* im Liegen nahmen mit steigender Boxenbreite zu, mit steigender Länge tendenziell auch bei den Komfort-Boxen (0,61°). *Vorderbein-*

streckungen im Liegen waren ebenfalls bei steigender Boxenbreite häufiger. Die *gestreckte Seitenlage* benötigt am meisten Platz in der Breite; sie trat mit steigender Boxenbreite tendenziell häufiger auf (bei den herkömmlichen Boxen signifikant: 0,86**). Insgesamt können die Tiere bei breiteren Boxen mehr Beinstreckungen vollführen. *Wiederkauen im Liegen* war häufiger mit ansteigender Boxenbreite, sowie tendenziell mit größerer Boxenlänge. Dieses Verhalten gilt als ein Anzeichen für ein ungestörtes Liegen.

Tab. 1: Signifikante Korrelationen (Spearman) zwischen tierbezogenen und Boxenmerkmalen (bei Häufigkeitsmerkmalen Betriebsdurchschnitte, bei Zeitdauermerkmalen Einzeltierwerte)
Spearman rank correlations between animal related and stable criteria

Verhaltensmerkmale	**Boxenlänge**	**Boxenbreite**	**Nackenriegelhöhe**	**Nackenriegelabstand#**
Durchschnitt in m (Std.-abw.)	2,39 (0,23)	1,17 (0,0)	1,12 (0,0)	1,62 (0,23)
Umtreten vor dem Abliegen		-0,47*		-0,39°
Anzahl Abliegeversuche	-0,59**	-0,70**		-0,42°
Abliegevorbereitung (sec.)	-0,36**	-0,23***		-0,15**
Dauer Abliegen (sec.)	-0,40**	-0,57***	-0,22***	-0,18***
Gesamtliegedauer (min.)	0,2°	0,37***	0,16**	
Dauer Liegeperioden (min.)		0,33***		
Vorderbeinstreckung		0,46*		
Hinterbeinstreckung		0,47*		
gestreckte Seitenlage		0,33°	0,55*	
Wiederkauen im Liegen	0,43°	0,66**	0,39*	
Ø gleichzeitig Liegende	0,52*	0,41°		0,5*
max. gleichzeitig Liegende	0,33°	0,59**		0,59**
Kopfschwung zur Seite	-0,52*	-0,71**		
pferdeartiges Aufstehen	-0,49*			-0,66**
Anzahl Aufstehversuche	-0,45*	-0,58**		-0,40°
Dauer Aufstehen (sec.)	-0,40**	-0,44***	-0,16**	
Schlagen an Abtrennungen	-0,48*			-0,45*
Verletzungen an Gelenken etc.	-0,51*	-0,50*		
Tierverschmutzungsindex	0,57**	0,62**		0,45*

von hinten gemessen, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, ° = $p < 0,1$ (Tendenz)

Die *Aufstehdauer* war kürzer mit steigender Boxenlänge und -breite (BOCKISCH 1991), was auf weniger Behinderungen hindeutet. Mit zunehmender Boxenlänge bzw. -breite wurde weniger *Kopfschwung zur Seite* beim Aufstehen beobachtet, was ebenfalls dem arteigenen Bewegungsablauf besser entspricht. *Pferdeartiges Aufstehen*, d.h. mit den Vorderbeinen zuerst, nahm mit steigender Boxenlänge ab. Dieses Verhalten kommt im arteigenen Normalverhalten nicht vor und gilt in der Nutztierethologie als Verhaltensstörung. *Anschlagen an die Abtren-*

nungen wurde mit steigender Boxenlänge seltener gesehen (BOCK 1990), wodurch das Verletzungsrisiko sinkt. *Verletzungen* nahmen mit steigender Boxenbreite oder -länge ab. Hingegen waren die Kühe in längeren und breiteren Boxen *schmutziger*.

Auch mit den Maßen des **Nackenriegel** konnten verschiedene Korrelationen abgesichert werden (Tab. 1). So führte ein größerer *Abstand* des Nackenriegel von der hinteren Boxenkante zu weniger Abliege- bzw. Aufstehversuchen, weniger Umtreten vor dem Abliegen, weniger pferdeartigem Aufstehen und weniger Anschlagen an die Abtrennungen. Die Dauer der Abliegevorbereitung und des Abliegens war verkürzt und mehr Tiere lagen gleichzeitig. Allerdings waren die Tiere schmutziger. Mit zunehmender *Höhe* des Nackenriegel nahm die Dauer von Abliegen und Aufstehen ab und die Gesamtliegedauer zu. Ferner waren die gestreckte Seitenlage und Wiederkauen im Liegen häufiger. Diese Ergebnisse zeigen, dass für das Verhalten ein höherer und weiter hinten befestigter Nackenriegel vorteilhaft ist. Allerdings waren die Korrelationen beim Nackenriegel schwächer als bei der Boxenlänge und -breite. Er wirkt aber vor allem beim Aufstehen/Abliegen, weniger beim Liegen. Bei einer Auswertung der Länge der *gegenständigen* Boxen wurden in fast allen Fällen die gleichen Zusammenhänge gefunden wie bei den wandständigen. In vielen Fällen konnten die genannten Korrelationen auch bei einer *getrennten Auswertung* der Komfort- bzw. herkömmlichen Boxengruppe abgesichert werden.

Im **Tretmiststall** wurden mit steigender Liegefläche tendenziell sauberere Kühe (-0,62°) gefunden. HÖRNING (1997) fand sowohl in Tieflauf-, als auch in Tretmistställen eine zunehmende Sauberkeit bei steigender Liegeflächengröße (n = 23). Ferner wurde in der vorliegenden Untersuchung mit zunehmender Flächengröße ein Anstieg der Gesamtliegedauer (0,78*) bzw. der einzelnen Liegeperioden (0,68*) gefunden. Im **Tieflaufstall** lagen mit steigender Fläche weniger Tiere mit Körperkontakt (-0,75*). Insgesamt wurden in den Ställen mit freier Liegefläche nur wenig Einflüsse der Flächengröße gefunden. Denkbar ist, dass die Fläche insgesamt ausreichend war, so dass keine negativen Effekte auf das Tierverhalten eintraten (vgl. auch die Mittelwertvergleiche der Systeme in Pkt. 3.2). Wenn Tretmist- und Tieflaufställe zusammen ausgewertet wurden, konnten keinerlei Zusammenhänge mit der Flächengröße festgestellt werden (evtl. wegen der geneigten Liegefläche im Tretmiststall).

Mit steigender **Herdengröße** wurde weniger soziales Lecken festgestellt (-0,47**). Ferner lagen weniger Tiere gleichzeitig im Maximum (-0,41**). Beim Verjagen bestand kein Einfluss. Mit engerem Tier-Fressplatz-Verhältnis waren weniger durchschnittlich liegende Tiere festzustellen (-0,47**), ebenfalls mit engerem Tier-Boxen-Verhältnis (-0,51*). Bei letzterem gab es auch weniger Wiederkauen im Liegen (-0,48*).

3.2 Unterschiede zwischen Haltungssystemen

Im folgenden sollen ergänzend einige signifikante Unterschiede bei den Mittelwerten der 4 verschiedenen Haltungssysteme angesprochen werden (HÖRNING ET AL. 2001). Die Gesamtliegedauer und die Dauer der einzelnen Liegeperioden war in den beiden Boxengruppen kürzer als in den Ställen mit freier Liegefläche. In den herkömmlichen Boxen gab es mehr Abliege- bzw. Aufstehversuche als in den Komfort-Boxen und in diesen mehr als im Tieflauf- oder Tretmiststall. In der gleichen Reihenfolge dauerte das Abliegen bzw. Aufstehen länger, und es gab mehr pferdeartiges Aufstehen und weniger Vorderbeinstreckungen. In beiden Boxengruppen gab es weniger Hinterbeinstreckungen als im Tieflauf- oder Tretmiststall. In den herkömmlichen Boxen lagen durchschnittlich weniger Tiere gleichzeitig. Kopfschwung zur Seite beim Aufstehen wurde in herkömmlichen Boxen häufiger als bei Komfort-Boxen beobachtet. Verletzungen waren im herkömmlichen Boxenlaufstall am häufigsten, gefolgt von Komfort-Boxen. Hingegen waren die Kühe in den herkömmlichen Boxen sauberer.

4 Schlussfolgerungen

Es konnte gezeigt werden, dass die Systeme mit freier Liegefläche (Tieflauf-/Tretmiststall) das Ruheverhalten weniger beeinträchtigen und dass die meisten Probleme in den herkömmlichen Boxenlaufställen auftreten. Die Korrelationen zwischen Stall- und Tierparametern zeigen jedoch auch, dass innerhalb einer Systemgruppe Unterschiede bestehen. Bei den Liegeboxen erscheint insbesondere die richtige Ausführung von Boxenlänge/-breite wichtig. Dabei besteht wohl ein Zielkonflikt zwischen dem Tierverhalten und der Tierverschmutzung. Letzere könnte durch einen entsprechenden Mehraufwand reduziert werden. Wahrscheinlich haben auch Boxenabtrennungen und -bodenausführung einen Einfluss auf das Verhalten (noch nicht ausgewertet). Die Untersuchung soll ausgedehnt werden, um Regressionsanalysen durchzuführen.

5 Literatur

BOCK, C. (1990): Zur Beurteilung tiergerecher Laufställe für Milchvieh. KTBL, Darmstadt, KTBL-Schrift 339, zugl. Dissertation, Univ. Hohenheim, 82 S.

BOCKISCH, F.-J. (1991): Quantifizierung von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren Haltungsumwelt als Grundlage zur Verbesserung von Stallsystemen und ihrer ökonomischen Bewertung. Ferber'sche Univ.-buchhandlung, Gießen, zugl. Habil.-Schrift, Univ. Gießen

HÖRNING, B. (1997): Tiergerechtheit und Verfahrenstechnik eingestreuter Milchviehlaufställe in der Praxis. Dissertation, Univ. GH Kassel, Witzenhausen

HÖRNING, B. (2000): Alternative Haltungssysteme für Rinder und Schweine. Berichte über Landwirtschaft 78, S.193 - 247

HÖRNING, B., C. ZEITLMANN UND J. TOST (2001): Unterschiede im Verhalten von Milchkühen im Liegebereich verschiedener Laufstallsysteme. In: Aktuelle Arbeiten Artgemäße Tierhaltung 2000, KTBL-Schrift (im Druck)

Influences on lying behaviour of dairy cows in differerent loose housing systems

HÖRNING, BERNHARD AND JOHANN TOST

Department of Animal Behaviour and Management, Faculty of Agriculture, University of Kassel (Ghk), Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen

Behavioural observations were carried out on 40 dairy farms: 10 with straw yard, 10 with bedded sloped floor, 10 with traditional cubicles and 10 with comfortable cubicles. The latter had more spacious cubicle dimensions and partitions as well as a softer lying surface. The following behaviour variables were recorded: interruptions of lying down or standing up, duration of lying down and standing up, lying time, lying periods, simultaneous lying cows, lying with stretched legs, lying while ruminating. In addition, injuries and cleanliness were scored. In general, with increasing cubicle length and width, deviations of lying down and standing up behaviour decreased as well as the duration of these movements (Spearman correlation). Injuries decreased, but also the cleanliness of the cows. To a lesser degree similar relationships could be found for increasing size and distance of the neck rail. Size of the lying area in straw yards or sloped floors had only small effects on behaviour.

Einfluss eines Vorrückfressgitters auf Druckbelastungen und Schäden an den Schultern von Milchkühen

WAIBLINGER, SUSANNE[1], VOLKER REICHMANN[1], JOSEF TROXLER[1], HEIKO DREISEITEL[2], J. HALLER[2] UND GERHARD WINDISCHBAUER[2]

[1] Institut für Tierhaltung und Tierschutz, Veterinärmedizinische Universität, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien
[2] Institut für Medizinische Physik, Veterinärmedizinische Universität, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

1 Einleitung und Problemstellung

Zur Rationalisierung in der Rinderfütterung wurden verschiedene Vorratsfütterungssysteme entwickelt, die den Verzicht auf die tägliche Futtervorlage von Hand oder mit dem Futtermischwagen gemeinsam haben. Zur Silagevorratsfütterung werden Vorrückfressgitter oder Siloschieber angeboten. Diese Systeme weisen jedoch einige Besonderheiten auf, die teilweise im Gegensatz zu Empfehlungen für eine tiergerechte Fressplatzgestaltung stehen. Um ein ausreichend rasches Abfresssen der Silage zu gewährleisten, wird von den Firmen ein enges Fressplatz-Tier-Verhältnis von 1:2,5 oder sogar 1:3,5 empfohlen. Weiters fehlt bei Vorrückfressgittern mit Silageblockvorlage der empfohlene Niveauunterschied zwischen Futtertisch und Standplatz der Kühe. Die Tiere sind gezwungen, das Futter vom Silageblock abzufressen. In vorliegender Untersuchung sollte daher abgeklärt werden: (1) mögliche Auswirkungen des fehlenden Niveauunterschieds und des Fressens vom Silageblock auf die Druckbelastung und das Futteraufnahmeverhalten von Milchkühen, (2) inwiefern Fressgitterneigung und Silageblockabstand Einfluss nehmen und (3) wie häufig Schäden an der Schulter bei Fütterung in einem Vorrückfressgitter mit Silageblockvorlage auftreten.

2 Material, Tiere und Methoden

An der Forschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig, Institut für Bauforschung, konnte eine Gruppe von 10 Milchkühen der Rasse Schwarzbunte in verschiedenen Fressgittervarianten in folgender Reihenfolge untersucht werden:

1. Handelsübliches Vorrückfressgitter ohne Niveauunterschied mit unterschiedlichem Abstand vom Silageblock nach dem Vorrücken. Der Abstand wird jeweils 90 cm über dem Boden gemessen: 90 cm - V_{90}; 100 cm - V_{100} (vom Hersteller empfohlen); 110 cm - V_{110}
2. Modifiziertes Vorrückfressgitter: 15° geneigtes Fressgitter; Abstand Silageblock: 90 cm - V_S
3. Vergleichssystem: 16 cm erhöhter Futtertisch, 15° geneigtes Fressgitter, Krippenweite 70 cm, schräge Krippenvorderwand, lose Futtervorlage mit dem Futtermischwagen - L.

Das Fressplatz-Tier-Verhältnis betrug beim Vorrückfressgitter 1:2,5, im Vergleichssystem 1:1.

Um die Druckbelastungen auf das Schultergelenk während der Futteraufnahme in den einzelnen Systemen zu vergleichen und mit dem Verhalten in Beziehung setzen zu können, wurde eine 24-Stunden-Videoüberwachung mit einer Kraftmessung am Fressgitter, einseitig in Höhe des Schultergelenkes, kombiniert. Eine genaue Beschreibung der Messtechnik findet sich bei

REICHMANN et al. 1998. Bei diesen Kraftmessungen liegen ausgewertete Daten zu den Systemen L, V_S und V_{100} vor.

Diese Videoaufnahmen eines Fressplatzes wurden durch direkte Verhaltensbeobachtungen (Focustier, kontinuierlich) aller Tiere jeweils 1 h vor und nach dem Vorrücken des mobilen Fressgitters bzw. vor und nach der Futtervorlage ergänzt. Beobachtet wurden dabei: Stemmen gegen das Fressgitter, Art und Ort der Futteraufnahme (jeweils Dauer in % beobachteter Zeit).

Auf 24 Praxisbetrieben wurden 474 Milchkühe auf Schäden (haarlose Stellen, Umfangsvermehrungen) an der Schulter untersucht und mögliche Einflussfaktoren (z.B: Konstruktion des Fressgitters, Abstand des Silageblocks) erhoben.

3 Ergebnisse

Die Kühe übten im Vorrückfressgitter deutlich höhere Kräfte gegen das Fressgitter aus als im Vergleichsfressgitter. Die Kräfte nahmen dabei mit größerem Abstand des Silageblocks vom Fressgitter zu und konnten durch die Neigung des Fressgitters um 15° verringert werden. Kräfte über 500 N steigen insbesondere mit größerem Abstand deutlich an. In V_{100} traten signifikant höhere Kräfte auf als im Vergleichssystem L ($p \leq 0{,}01$). In V_S übten die Kühe tendenziell ebenfalls höhere Kräfte aus als in L ($p = 0{,}06$). Bei der Betrachtung der Einzeltierergebnisse zeigten sich die Unterschiede noch klarer (Abb. 1). Bei der Futteraufnahme im konventionellen Fütterungssystem L traten nur bei einer Kuh Kräfte zwischen 500 und 1000 N auf und keine Kräfte über 1000 N, während in den zwei Vorratsfütterungssystemen alle Kühe Kräfte über 500 N auf das Fressgitter ausübten. Im geneigten Vorrückfressgitter V_S übten fünf, im Vorratsfütterungssystem V_{100} neun von zehn Tieren Kräfte über 1000 N auf das Fressgitter aus. Als Maximalwerte wurden 570 N (L), 1436 N (V_S) bzw. 1792 N (V_{100}) gemessen.

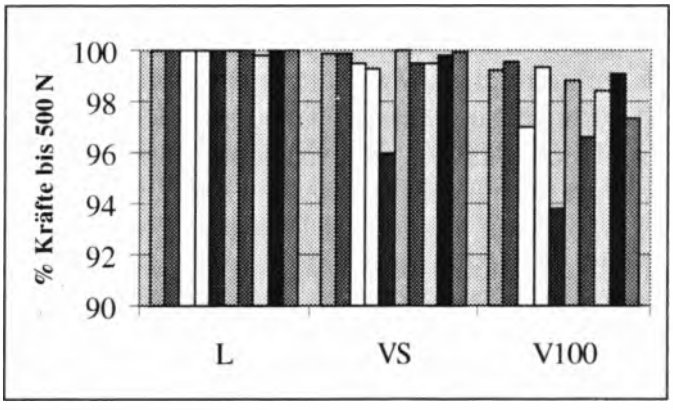


Abb. 1:

Häufigkeit (%) des Auftretens von Kräften bis 500 N während der Futteraufnahme in den verschiedenen Fütterungssystemen bei den 10 Einzeltieren; Legende siehe Text

Percentage of forces to 500 N during feeding in the different feeding systems of 10 individual animals; legend see text in summary

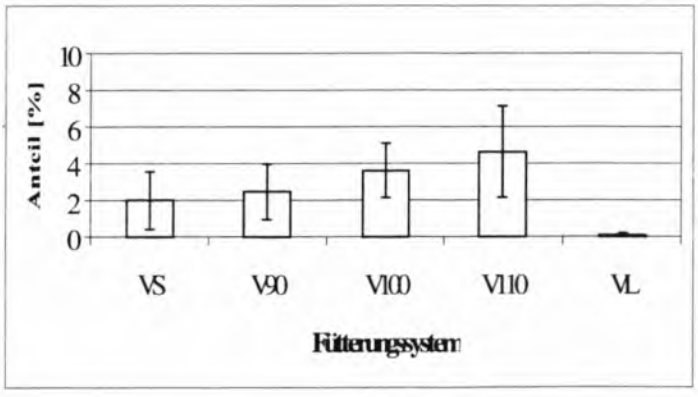


Abb. 2:

Anteil des Stemmens gegen das Fressgitter in % der beobachteten Zeit in den verschiedenen Versuchsvarianten

Amount of pressing against the feeding rack in percentage of total time observed in the tested variants

Dementsprechend war ein Stemmen der Kühe gegen das Fressgitter im Vergleichssystem kaum zu beobachten und damit wesentlich geringer als in allen Vorrückvarianten (L zu V_S $p \leq 0{,}01$; V_{90}, V_{100}, V_{110} je $p \leq 0{,}001$). Innerhalb der Vorrückvarianten stemmten die Tiere bei V_S und bei V_{90} seltener als in den beiden anderen ($p \leq 0{,}05$ bis $p \leq 0{,}001$; Abb.2). Ein „Abbeißen" des Futters vom Silageblock, ein Hinweis auf erschwerte Erreichbarkeit des Futters, trat bei geneigtem Vorrückfressgitter seltener auf als in den Varianten mit geradem Fressgitter (V_S-V_{100}, V_S-V_{110} je $p \leq 0{,}01$; V_S-V_{90} $p \leq 0{,}001$).

Schäden an der Schulter traten in Betrieben mit einem Fangfressgitter häufiger auf als bei einer Palisadenkonstruktion ($p \leq 0{,}001$; Abb. 2). Tendenziell gab es auf diesen Betrieben mehr Schäden bei einem Silageblockabstand über 90 cm ($p = 0{,}078$).

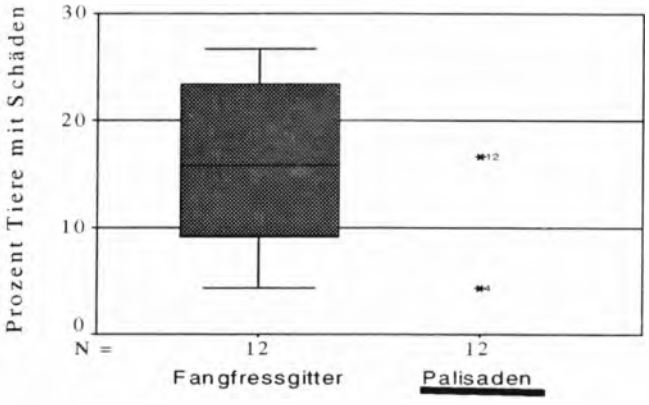


Abb. 3:

Schäden an der Schulter der Tiere auf 24 Praxisbetrieben bei unterschiedlichem Konstruktionstyp des Vorrückfressgitters

Damage at cows' shoulders in 24 farms with two types of feeding rack construction

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Vorratsfütterung vom Silageblock in einem Vorrückfressgitter führt gegenüber dem Vergleichssystem zu vermehrtem Stemmen der Tiere, um Futter zu erreichen und damit zu erhöhten Druckbelastungen im Schulterbereich. Einzelne Tiere sind dabei stärker belastet. Nach ROM (1989, zitiert in HANSEN 1998) sind bei chronischer Einwirkung von Kräften von 500 - 1000 N Schäden zu erwarten, Kräfte über 1000 N können auch zu akuten Schäden führen. Da bei 9 von 10 Tieren im Vorrücksystem mit senkrechtem Fressgitter Kräfte über 1000 N auftraten und die Kräfte zwischen 500 und 1000 N deutlich zunahmen, ist die Gefahr von Schäden gegenüber dem Vergleichssystem erhöht. Entsprechend wurden auf Praxisbetrieben vermehrt Schäden an der Schulter gefunden. Konstruktive Details und Management beeinflussen die Auswirkungen auf die Tiere. Eine Neigung des Fressgitters und ein geringerer Abstand des Fressgitters vom Silageblock kann die Druckbelastung und damit das Auftreten von Schäden vermindern. Palisadenfressgitter ohne Selbstfangeinrichtung sind weniger schadensträchtig als Fangfressgitter.

Kühe sind in einem Vorrücksystem einer höheren Belastung ausgesetzt als bei konventioneller Fütterung mit loser Futtervorlage und erhöhtem Futtertisch. Management und Konstruktion des Fressgitters spielen bei der Höhe der Belastung eine wesenliche Rolle. Zusammen mit den Problemen durch ein eingeschränktes Fressplatz-Tier-Verhältnis (kein synchrones Fressen, Anstieg sozialer Auseinandersetzungen, kürzere Verzehrszeiten bei rangniederen Tieren - z.B. METZ 1983), ergibt sich, dass der Einsatz dieser Systeme nicht unproblematisch ist. Zwar können durch einen möglichst kleinen Abstand zwischen Fressgitter und Silageblock die Belastungen der Tiere deutlich gemindert werden, dann steigen aber die Futterverluste ebenso wie der Arbeitseinsatz (Wegräumen der am Boden liegenden Futterreste) wieder an.

Die Autoren danken Dr. H. Georg und Prof. Dr. F.-J. Bockisch vom Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, für die Möglichkeit, die Experimente dort durchzuführen und deren Mithilfe hierbei.

5 Literatur

HANSEN, K., C.N. PALLESEN AND J.P.CHASTAIN (1998): Dairy cow pressure on self-locking feed barriers. Proceedings of the Fourth International Dairy Housing Conference, St. Louis, Missouri, USA, 28.-30. January 1998, S. 312-319

METZ, J.H.M. (1983): Food competition in cattle. In: BAXTER, S.H., M.R. BAXTER AND J.A.D. MACCORMACK (Eds.): Farm animal housing and welfare. M.Nijhoff Publishers, Boston, S. 164-170

REICHMANN, V., S. WAIBLINGER, H. DREISEITEL, J. HALLER, A. PIRKER, K. WIMMER UND G. WINDISCHBAUER (1998): Videoüberwachung mit simultaner Kraftmessung zur tiergerechten Fressplatzgestaltung bei Kühen in Laufställen. In: BOENICK, E. AND M. SCHALDACH (Eds.) Biomedizinische Technik. 43, 2 ed. Schiele & Schön GmbH, Berlin, S. 69-71

Influence of a storage self-feeding system on physical strain and defects at the shoulders of dairy cows

WAIBLINGER, SUSANNE[1], VOLKER REICHMANN[1], JOSEF TROXLER[1], HEIKO DREISEITEL[2], J. HALLER[2] AND GERHARD WINDISCHBAUER[2]

[1] Institut für Tierhaltung und Tierschutz, Veterinärmedizinische Universität, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien
[2] Institut für Medizinische Physik, Veterinärmedizinische Universität, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

Storage self-feeding systems with silageblocks and mobile feeding racks do not allow a different level between pen floor and feeding platform and force cows to feed from silage blocks. To investigate the effects of this feeding conditions on dairy cows and the influence of construction and management, the forces exerted on the feeding rack were recorded in a group of ten Frisian cows by means of tension/compression strain gauge transducers with simultaneous video recording. Additionally, food intake behaviour was observed directly in following variants: L (control): Feeding system with a feeding platform heightened 16 cm above the pen floor, with loose food and an inclined feeding rack; V_{90}, V_{100},V_{110}: Storage self-feeding system with silageblock and vertical feeding rack with different distances between the feeding rack and silageblock (90 cm, 100 cm, 110 cm); V_S: Storage self-feeding system with silageblock, inclined feeding rack and distance to silageblock of 90 cm. Forces exerted on the feeding rack during food intake were significantly higher in V_{100} than in the control L (maxima: 1792 N vs. 570 N; $p \leq 0{,}01$), and tended to be higher in V_S, (1436 N, $p = 0{,}06$) compared to L. The time cows pressed against the feeding rack to get food was less in system L than in the storage feeding racks. Within the self-feeding systems pressing time increased with increasing distance to the silageblock. Results show, that cows in storage self-feeding systems are exposed to higher physical strain than in conventional feeding systems with a feeding platform heightened above the pen floor. The extent of strain is affected distinctly by management as well as by construction details (e.g. the inclination of the feeding rack).

Study of feeder calves structures for medium fattening herds under Egyptian conditions

HATEM, MOHAMED H.; GAMAL M. ABD-ELRAHMAN AND NESREEN S. MAHMOUD

Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Cairo University

Abstract

Feeder calves housing types and designs used for medium cattle herds (20 - 60 heads) in Egypt are specified. Sharqiya governorate is taken as a sample for specifying feeder calves housing. A mathematical model for evaluating feeder calves' barns according to two criteria environmental criterion and economical criterion and the results of its evaluation under Egyptian conditions is discussed. The model evaluation showed that the model can do reasonable predictions of inside dry-bulb temperature and relative humidity. Since the average difference between the measured values and the predicted values of both the inside dry-bulb temperature and relative humidity were -0.459° C and 3.269 % respectively. Moreover a recommendation for a suitable feeder calves barn (40 heads capacity) is reported in this paper. The derived mathematical model had been used to evaluate the recommended barn.

Introduction

Egypt is north of the equator, so it considered as one of the subtropical regions. Through most of the year most of Egypt is hot and dry except along the Nile River and the Mediterranean coast. Farm animals face severe thermal conditions such as, high air temperature and intensive solar radiation, etc. most of the year. Thermal environments are a constraint on the performance of farm animals in intensive or extensive production systems (YOUSEF 1985). The climatic factors comprise, air temperature, solar radiation, wind, clouds, fog, rain, and relative humidity. One or a combination of these factors makes the limiting natural factors in the success of animal production. The hot conditions due to air temperature and solar radiation are the most effective and the least controllable factors in animal raising in the tropical and subtropical regions.

Successful environmental modification is achieved when a structure enhances the environment to maximize production (DIESCH AND FROEHLICH 1988). Poor livestock thermal environments occur because of poor management. Structure with correct thermal environment will provide conditions of thermal comfort to homeothermic animal. If the animal's thermal environment rises above the zone of thermal comfort, the animal must increase its capabilities to dissipate the excess heat gained, which decreases animal production. Successful livestock structure will thus provide conditions required to maintain zone of thermal comfort, within reasonable economic ranges.

It is necessary to have an analytical tool for predicting the behavior of different types of buildings under different climatic conditions and to evaluate any building that can be used for beef production. Thus, the main objectives of the present study are: specify the common feeder calves housing for medium cattle herds in Egypt, derive a mathematical model to evaluate feeder calves buildings under Egyptian conditions, and then make a recommendation for a suitable structure for raising feeder calves under Egyptian conditions.

Materials and method

Data about beef cattle inventory and beef cattle projects in different governorates of Egypt had been collected. These data show that the most governorate, which has the most concentration of fattening projects, is Sharqiya (Fig. 1). The common breeds raised, as beef cattle are local breeds. The common feeder calves herd size range between 20 - 60 heads.

In order to specify feeder calves housing systems a questionnaire sheet had been designed including general data, calves data, raising barn data, feeding and waste disposal data, and labor data. Then several farms at Sharqiya governorate visited and the questionnaire sheet filled.

A mathematical model for evaluating feeder calves' barns has been derived. This model evaluates farms according to two criteria, environmental criterion and economical criterion.

Environmental criterion: a steady state heat and mass balance has been done. It is assumed that the structure is well ventilated and of small mass, and the structure will not retain a sufficient amount of energy or moisture from the previous day. Thus the balancing equations may be written as follow:

Energy Gained = Energy Lost ..... (1)

Moisture Gained = Moisture Lost ..... (2)

Therefore the derived mathematical model for environmental criterion will be:

$$t_i = t_o + \frac{Q_{anim}\left[0.8 - 5.331\times10^{-7}(t_i-5)^4\right] + \frac{U_wA_w(\propto_{wI}) + U_cA_c(\propto_{cI} - 6\in\cos\Phi(10-\Omega))}{h}}{U_wA_w + U_cA_c + FP_r + 1200\cdot\sqrt{\left[\frac{C_d\cdot w\cdot n_t\cdot H^{\frac{3}{2}}}{3}\left(\frac{9.81(t_i-t_o)}{t_o}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^2 + \left[0.5\sin\theta\cdot a\cdot n_w\cdot u\right]^2}} \quad (3)$$

$$W_i = \frac{0.62198\left(\frac{RH_oP_{wso}}{100}\right)}{P-\left(\frac{RH_oP_{wso}}{100}\right)} + \frac{Q_{anim}\left[0.2 + 5.331\times10^{-7}(t_i-5)^4\right]}{24.48\times10^5\cdot\rho_v\sqrt{\left[\frac{C_d\cdot W\cdot n_t\cdot H^{\frac{3}{2}}}{3}\left(\frac{9.81(t_i-t_o)}{t_o}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^2 + \left[0.5\sin\theta\cdot a\cdot n_w\cdot u\right]^2}} \quad ..... (4)$$

$$RH_i = \frac{W_i\cdot P}{P_{wsi}(W_i+0.62198)}\times100 \quad ..... (5)$$

The actual inside dry-bulb temperature (ambient temperature) and the actual inside relative humidity result from the model can be compared with the optimal conditions for both the inside ambient temperature and the relative humidity, which attain the comfort zone for the animal.

Economical criterion: net profit from the system has been calculated.

Net Profit = Income - Total Cost ..... (6)

Therefore the derived mathematical model for economical criterion will be:

$$N.P. = 2283.192g_a - 2.152m_i - 1269 - \frac{1}{N_a}\left[\begin{matrix}2190N_L + 0.085P_B + 0.115P_E \\ + q_{fu}\cdot P_{fu} + q_o\cdot P_o + q_{El}\cdot P_{El}\end{matrix}\right] \quad ..... (7)$$

The calculated net profit can make the final decision according to which system achieves the highest net profit.

In order to evaluate the derived model, an experiment in two chosen barns A and B (fig. 2), different in building materials and orientation had been done. The inside dry-bulb temperature and relative humidity was measured during February and August 1999. The measurements was taken every one hour during the daytime from 7.00 am. - 7.00 p.m. Dry- and wet-bulb temperatures had been measured using ordinary and wet socked thermometers. Thermometers have been placed in a certain distribution in both barn "A" and "B". The location of measuring points had been chosen according to Gauss points and its height was. The thermometers hanged inside the building in such a way that the bulb of the thermometer was at 1.40 m.

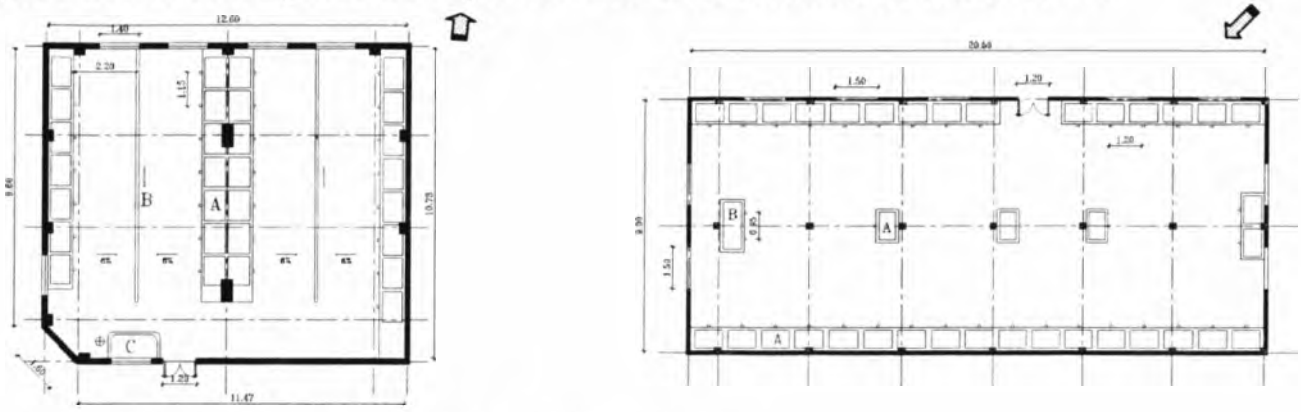


Fig. 2: Plane of barn "A" (left) and barn "B" (right)

Results and discussion

From the visited farms the following specifications has been noticed for herd size range from 20 - 60 heads: housing systems is tie stall with total confinement system, as a result of the general believe that this system is more suitable for male cattle and more safer. HARDY AND MEADOWCROFT (1990) opposed this believe, they mentioned that bulls kept indoors are much calmer and can kept in-groups, and group size of twenty or less found to be satisfactory. The most common building materials is red bricks and limestone blocks for walls, and reinforced concrete, corrugated sheets, wood sheets, and hay for ceiling, which was always slab. Floors always made of concrete ingot. Ventilation is done naturally by windows, with no doors or curtains over it just steel rods composing a net inside the opening, which is usually placed randomly. Feeding distribution, drinking, and waste disposal is done manually. Feeding troughs height is always 60-100 cm, which add more costs. EICHHORN (1985) recommended feeding trough height of 25 - 30 cm.

By applying the derived simulation model on the field data for the two barns "A" and "B", it has been found that inside measured dry-bulb temperature and predicted dry-bulb temperature are higher than outside dry-bulb temperature, and measured inside dry-bulb temperature is slightly lower than predicted inside dry-bulb temperature. The average difference between measured and predicted values of inside dry-bulb temperature was -0.459° C, (Fig. 3). Also it has been found that the predicted inside relative humidity was higher than the outside relative humidity, and the measured inside relative humidity was higher than the predicted inside relative humidity. The average difference between measured and predicted values of the inside relative humidity were 3.269 % (fig. 4). It can be concluded that the model can do reasonable predictions of inside dry-bulb temperature relative humidity.

LINDLEY AND WHITAKER (1996) stated that the following reasons are given for selecting one

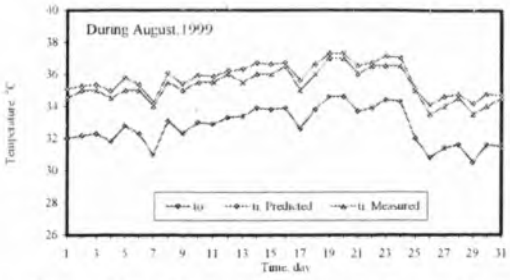


Fig. 3: Outside, predicted inside, and measured inside dry-bulb temperatures

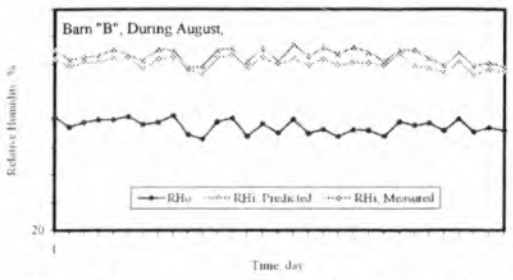


Fig. 4: Outside, predicted inside, and measured inside relative humidity

of the housing systems: economics, production rate, feed conversion, labor efficiency, sanitation, ability to control animals, operator comfort, and personal desires.

The recommended barn has been chosen to have the following specifications: barn capacity is 40 animals. Total confinement system with tie stall, as owners prefer. Walls are a concrete skeleton and red bricks, with 12 cm thickness. The ceiling is slab and made of reinforced concrete with 20 cm thickness. Service passages width is 0.90 m, according NEUFERT (1980), as feeding and waste disposal is done manually. Each animal occupies area of 1.40 × 1.00 m as recommended by HATEM (1997). The barn's wider elevation is at a right angle with the North direction, the prevailing wind direction, as recommended by MESCHER AND VEENHUIZEN (1995). Ventilation opening area chose according to NEUFERT (1980). The floor is a concrete ingot with slope of 1 in 16 as recommended by HARDY AND MEADOWCROFT (1990) and WATHES AND CHARLES (1994) towards a groove of 30 cm width and 12 cm depth. Feed bunk height is 0.20 m, drinking will be done using drinking bowls, one for each pair of calves (fig. 5).

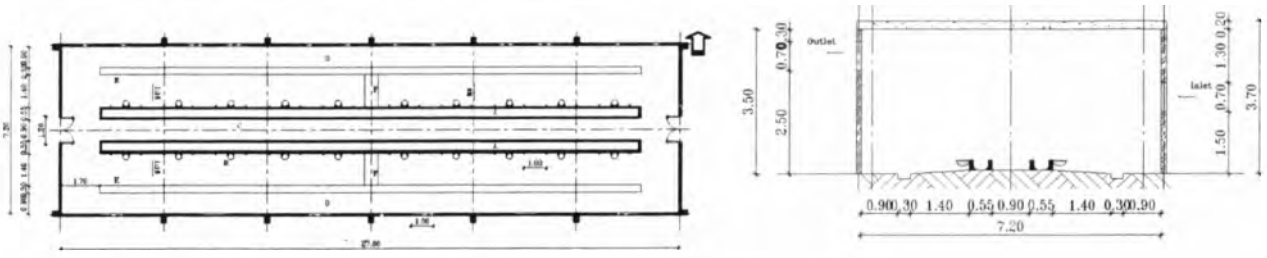


Fig. 5: Plane and side cross-section of the recommended barn

A comparison between the actual environmental conditions achieved by barn "A", "B", and "C", the recommended barn, and the production space or the comfort zone for feeder calves has been done. Fig. 6 shows the predicted inside mean daily temperatures and relative humidities for February and August months in barn "A", "B", and C, whereas area abcd identifies the comfort zone space. It has been found that about 3.57% of the values for winter season fall outside the limited comfort zone space in barn "B" while in barn "A" and C there is no values outside the limited space. For summer season 100% of the values for barn "A", "B", and C fall outside the limited comfort zone space. But the relative humidity in barn "C" is considerably lower than in barn "A" and "B", which means that the effect of temperature in barn "C" will be less severe.

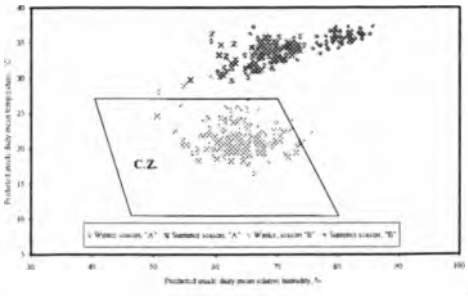


Fig. 6:

Predicted inside mean daily temperature and relative humilities during February and August for barn "A", "B", and the recommended barn and its relation with the comfort zone.

Literature

DIESCH, M.A. AND D.P. FROEHLICH (1988): Production and Environmental simulations in livestock housing. Transactions of ASAE 31 (5), p. 1532

EICHHORN, H. (1985): Landtechnik. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany

HATEM, M.H. (1997): Theory of Structure and Agricultural Buildings. Faculty of Agriculture. Cairo University

HARDY, R. AND S. MEADOWCROFT (1990): Indoor Beef Production. Farming press, Ipswich

LINDLEY, J.A. AND J.H. WHITAKER (1996): Agricultural Buildings and Structures. American Society of Agricultural Engineers ASAE. USA.

MESCHER, T.M. AND M.A. VEENHUIZEN (1995): Livestock housing ventilation: Natural ventilation design and management for dairy hpousing. Ohio state University FactSheet. http://ohioline.ag.ohio-state.eud/aex-fact/0113.html (15/07/1999)

NEUFERT, E. (1980): Architects' Data. The handbook of building types. Alden press, Oxford, Great Britain

WATHES, C.M. AND D.R. CHARLES (1994): Livestock Housing. CAB international, Wallingford, UK

YOUSEF, M.K. (1985): Stress Physiology in Livestock. CRC press, Inc., 2000 Coporate Blvd., N.W., Boca Raton, Florida, 33431

List of symbols

A_w: Area of walls, m^2.
A_c: Area of ceiling, m^2.
a: Aperture area, m^2.
C_d: Coefficient of discharge for openings.
F: Overall heat transfer coefficient of the perimeter, W/m K.
g_a: Daily weight gain, kg/day.
H: Aperture height, m.
h: Surface convective heat transfer coefficient, W/m^2K.
I: Solar irradiation, W/m^2.
m_i: Average initial calf weight, kg/anim.
N_a: Total number of animals.
N_L: Number of labors.
n_t: Total number of apertures.
n_w: Number of apertures in windward wall.
P_B: Initial building price, LE.
P_E: Equipment price, LE.
P_{fu}: Fuel price, LE/L
P_o: Oil price, LE/L
P_r: Floor perimeter, m.
Q_{anim}: Animal total heat production, W.
q_{fu}: Fuel consumption, L/year.
q_{El}: Electricity consumption, kW/year.
q_O: Oil consumption, L/year.
RH_i: Indoor relative humidity, %.
RH_o: Outdoor relative humidity, %.
t_i : inside temperature, K.
t_o: Outdoor air temperature.
U_c, U_w: Overall heat transfer coefficient for ceiling and walls respectively, W/m^2K.
u: External wind speed, m/s.
W_i: Indoor humidity ratio, kg/ kg.
W_o: Outdoor humidity ratio, kg/ kg.
w: The aperture width, m.
ϵ: Emissivity factor.
α: Solar absorptance.
Φ: Surface tilt angle.
θ: Wind direction
Ω: Cloudiness factor.

Der Modulstall - Ein leistungsfähiges Komplettstallsystem für die Schweinemast und Schweinezucht

JEß, HANS-JÜRGEN

Modulfarm GmbH & Co KG, Postfach 320, 24755 Rendsburg

1 Einleitung und Zielsetzung

Das Marktgeschehen bei der Produktion von Schweinen wird künftig nicht nur durch europäische Regionalpolitik, sondern zunehmend durch die Wettbewerbssituation auf dem Weltmarkt bestimmt. Wer sich den neuen Anforderungen stellt, muss mit seiner Produktionsbasis auf veränderte Rahmenbedingungen eingestellt sein. Der Schweinehalter der Zukunft muss sich gesamtstrategischen Überlegungen stellen und stets durch eine ganzheitliche Betrachtung aller Prozesse und Planungsinhalte die nächsten richtigen Schritte bzw. Entscheidungen vorbereiten und auch verwirklichen. Vor dem Hintergrund dieser neuen Produktionssituation stellt sich Modulfarm mit einem neuen Konzept des Komplettstallbaues dem Wettbewerb.

2 Methode

Der Modulstall von Modulfarm ist ein Massivbau in hoher B45-Qualität und garantiert in industrieller Vorfertigung eine hochwertige, integrierte Wärmeisolierung. Der Modulstall wird aus aneinandergereihten Betonfertigelementen mit den Abmessungen 3 m x 10 m modular aufgebaut, die einander gegenübergestellt inklusive eines Mittelganges von 1,5 m eine Stallbreite von 21,5 m ergeben.

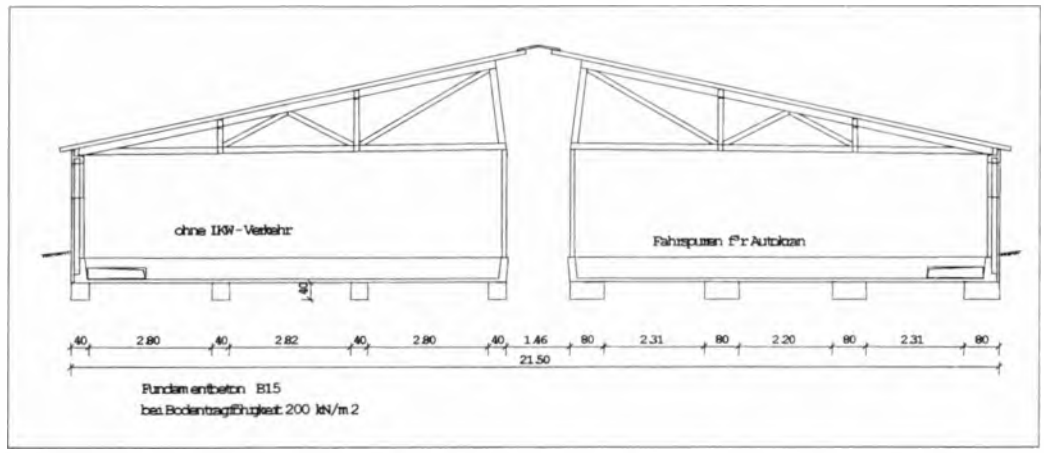


Abb. 1: Gebäudeschnitt durch einen Modulstall mit den bauseits errichteten Fundamenten, den Betonmodulen und der Dachkonstruktion
Cross section of a modul-stable with the foundation, the concrete modules and the roof construction

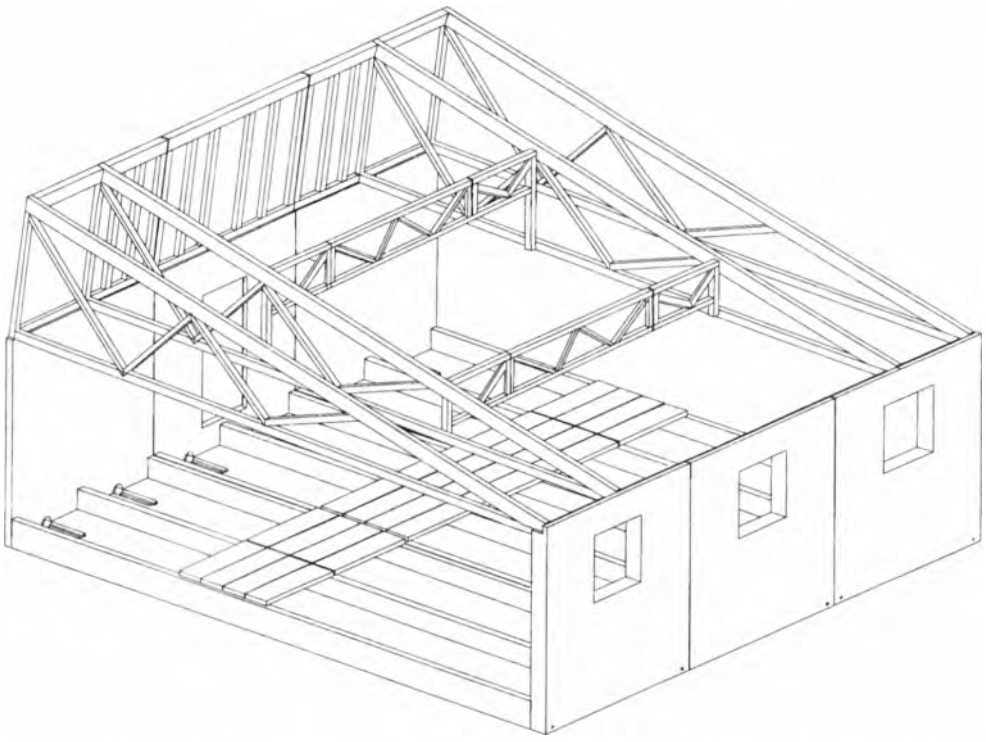


Abb. 2: Perspektivische Draufsicht auf ein Modulstall-Abteil bestehend aus 3 Modulen
Perspective view on a module-stable-compartement which consists of 3 modules

Die bauseitigen Arbeiten vor der Modulmontage beschränken sich auf das Fertigstellen einfachster Streifenfundamente. Die Betonmodule für einen kompletten Stall werden innerhalb eines Tages (bis zu 30 Module) mit Hilfe von Tiefladern an die Baustelle gebracht und mit einem Schwerlastkran auf die Streifenfundamente gestellt. In den Modulen befindet sich während des Transportes schon das zum Modul gehörige Dach im heruntergeklappten Zustand, die komplette Einrichtung und fest im Dachstuhl eingebaute Bauelemente der Lüftung. Ebenso werden Wasser- und Stromleitungen schon im Modul vormontiert zur Baustelle transportiert.

3 Ergebnisse

Eine hochgradige Typisierung von vorgefertigten Modulen mit integrierten Güllekanälen, Stallwänden, Dach- und Lüftungskonstruktionen sowie den erforderlichen Ausrüstungsbestandteilen stellt ein hohes Maß an Bauvorbereitung und Montage in den Werkhallen des Herstellers sicher. Das vermeidet Fehler in einzelnen Gewerken und an den Schnittstellen unterschiedlicher Gewerke.

Eine mit dem Bauherrn abgestimmte Generalplanung sichert die Passfähigkeit des Systems im gesamten Betriebskonzept durch Mitwirkung neutraler Beratungsinstitutionen.

Ein den Kundenerfordernissen angepasster Stallbau hinsichtlich Produktionsrichtung und Produktionskapazität ist durch die Variation der Moduleinrichtung und die Veränderung der Modulzahl pro Stall ohne weiteres möglich.

Der hohe Typisierungsgrad der Module und Einrichtungen ermöglicht kurze Planungs- und Kalkulationszeiten. Durch eine Typenstatik (in Vorbereitung) wird der Aufwand für Prüfungen und Genehmigungsverfahren reduziert.

Das hohe Maß an Standardisierung senkt die Kosten und sichert beim Stallbau durch die vorgefertigten Module von 3mx10m kürzeste Bauzeiten.

Durch kürzeste Montagezeiten der vorgefertigten Module auf der Baustelle wird witterungsunabhängiger gebaut.

Unter Einbeziehung örtlich ansässiger Architekten und zugelassener Bauingenieure wird eine fachgerechte Verwirklichung der Modulfarm-Ställe garantiert.

Der modulare Charakter des Stalles ermöglicht in besonderen Fällen die Demontage des Stalles und den möglichen Neuaufbau an anderer Stelle. Das führt zu Erleichterungen bei Finanzierungsplanungen.

The module-stable - an efficient turnkey system for fattening pigs and pig breeding

JEß, HANS-JÜRGEN

Modulfarm GmbH & Co KG, Postfach 320, 24755 Rendsburg, Germany

The future market in pig production will not only be influenced by European market politics. There will also be an increased global competition. The pig producer of the future has to face to changed frame conditions. His specific know how will be needed in the pig production technique more than in the past. Planing and installation of new production units will be the part of a professional partner with specific know how in building pig houses. Regarding to these changings in pig production modulfarm has developed a complete new concept for pig houses.

The special feature of this system is its modular character. Concrete elements of 3 x 10 m out of B45 concrete are produced at the production plant. Two rows of these modules positioned in a distance of 1,5 m result in a sketch of 21,5 m width and multiple times 3 m length. The single concrete module contains all elements of a slurry cellar (which means walls and floor), an outer sandwich wall with an insulated window and an inner wall with or without a door opening that will be the deviding wall to the midway. At the production plant the slatted floorings (concrete or plastic), the penning systems and the roof construction (turned down) will allready be included in their destinated module. This reduces work a the farm to a minimum and results in a building period of less than two weeks.

Newest tendencies in swine house designing in Latvia

STRAUSA, SILVIJA

Latvia University of Agriculture, Faculty of Rural Engineering, Department of Architecture and Building, Akademijas 19, Jelgava, LV-3001, Latvia

As in the recent period in Latvia the price of building and labour force increases, the common expenses of building increase too.

The aim of my report is to analyse the way we can exchange the design of the pigsties in order to decrease the useful space in m² per swine; as well as what construction would be cheaper and changes expenses of what construction could give a better effect.

In Latvia swine traditionally are held either on deep bedding or slope floor with minimal litter and slurry draining along the gutters to slurry wells. Manure with litter usually was cleaned out with mobile transport. In the soviet period these variants were supplemented by manure cleaning with conveyer and in some big swine houses manure was moved out along liquid manure gutters. In the last variant manure was separated and solid manure was put in reservoirs, but the liquid in biological purification ponds. Forage in pigsties usually is transported with mobile transport and only in some of them it is transported through pipes to troughs.

Recently there is a tendency to design pigsties with liquid manure canals and liquid manure storing in round 3-4 m high ferroconcrete reservoirs. It is foreseen to feed swine with dry food from automatic feeders. Besides it has been thought about faster circulation of swine group, passage narrowing, room microclimate improvement. (Piglets are separated at 10 kg of live weight, feeding starts at 25 kg.)

While changing the technological solution it is possible to achieve the decrease of the useful space of swine house on 1 pig fattened.

Like in other places in the world mates and pregnant sows are kept in stand places as well as suckling sows are fixed in farrow time. It allows to diminish standing places for 1,5 times.

Room economy is also formed by establishing automatical feeders instead of long troughs.

In the newest projects swine are separated in small groups and each of this group is provided with separate compact partitioned rooms. It allows to provide every swine group with the necessary optimal microclimate. In this way it is possible to achieve the economy of energy and also more optimal conditions for swine growth and feeling of comfort. Forage is transported with carriages along the passage-way what is located along the outer wall (outside). Under the passage there is a main gutter for the liquid manure.

Considering that expenses of 1 square meter in the newest projects are very high, approximately $ 330 (it is expenses with technological equipment, but building expenses are approximately $ 182), compact design is very important.

In order to compare some pigsties planning with different technologies and to know the useful places in m² per swine, we use three designs with different manure transport: 1. with liquid manure canals, 2. with scrapers, 3. with conveyers (soviet standard- type design). We found out, that a more compact design is in the first project, but the third project is not so efficient.

In the diagram we can see the useful places in m² in separate pigsties sectors. (1. mate and pregnant sows; 2. farrow sows; 3. wean piglets; 4. breading and fattening pigs). In all sectors the third version is non efficient.

We compare the building expenses for five constructive versions:

1-1. Bricks and aerated concrete block wall and roof construction of nailed wood trusses.

1. Insulated wood frame walls and roof construction of nailed wood trusses.

2. Reinforced concrete columns, sandwich-wall panels and wood rafter roof construction.

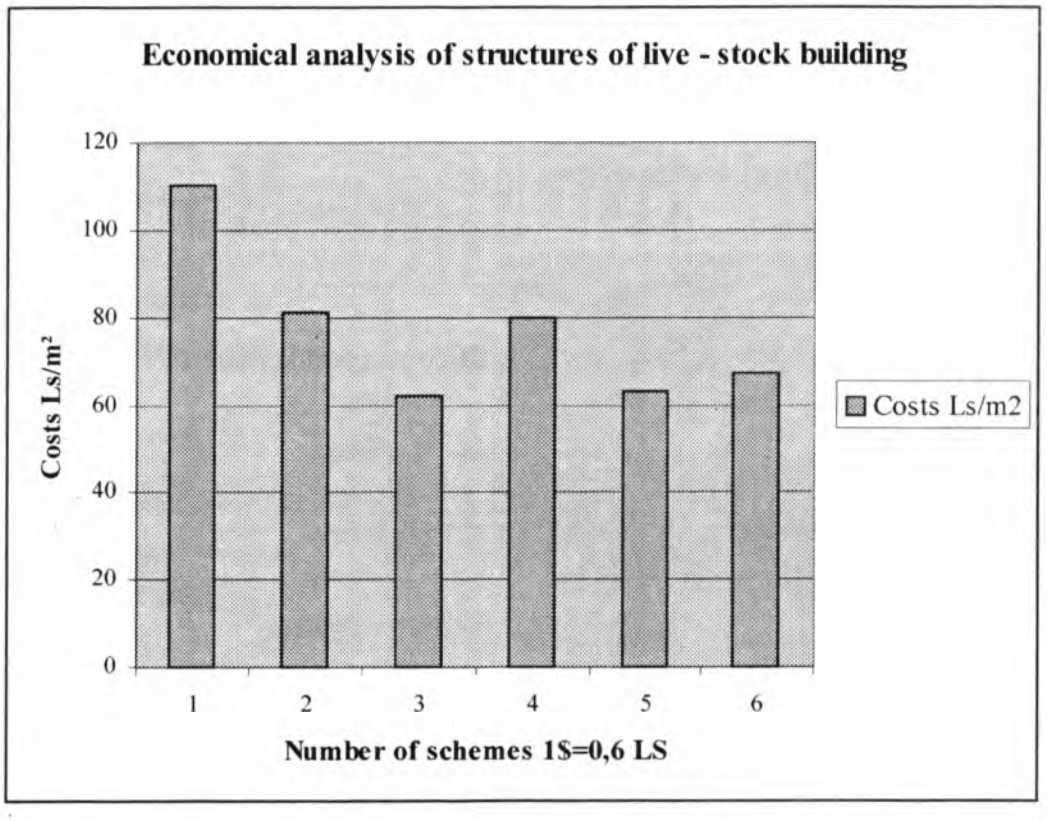
3. Wood wool (fibrolite) wall panels with reinforced concrete columns. The roof construction is formed by T wooden beams and fibrolite roof panels.

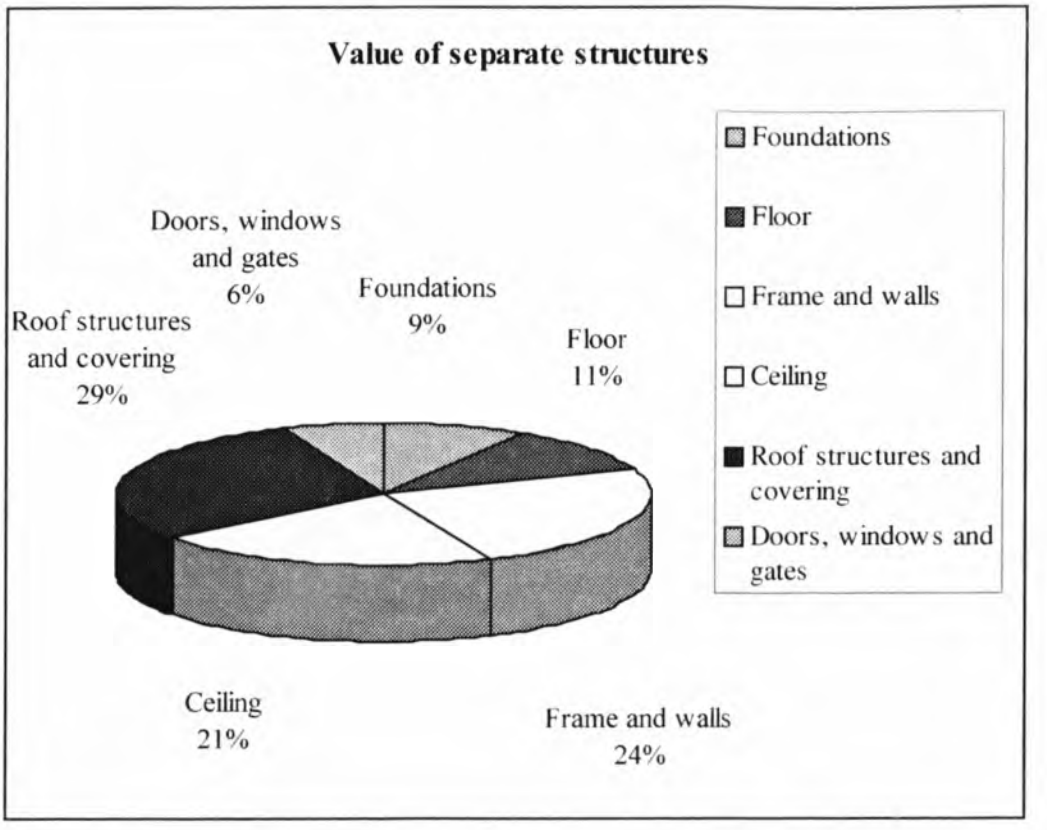
4. The same wool and roof construction with wooden slabs.

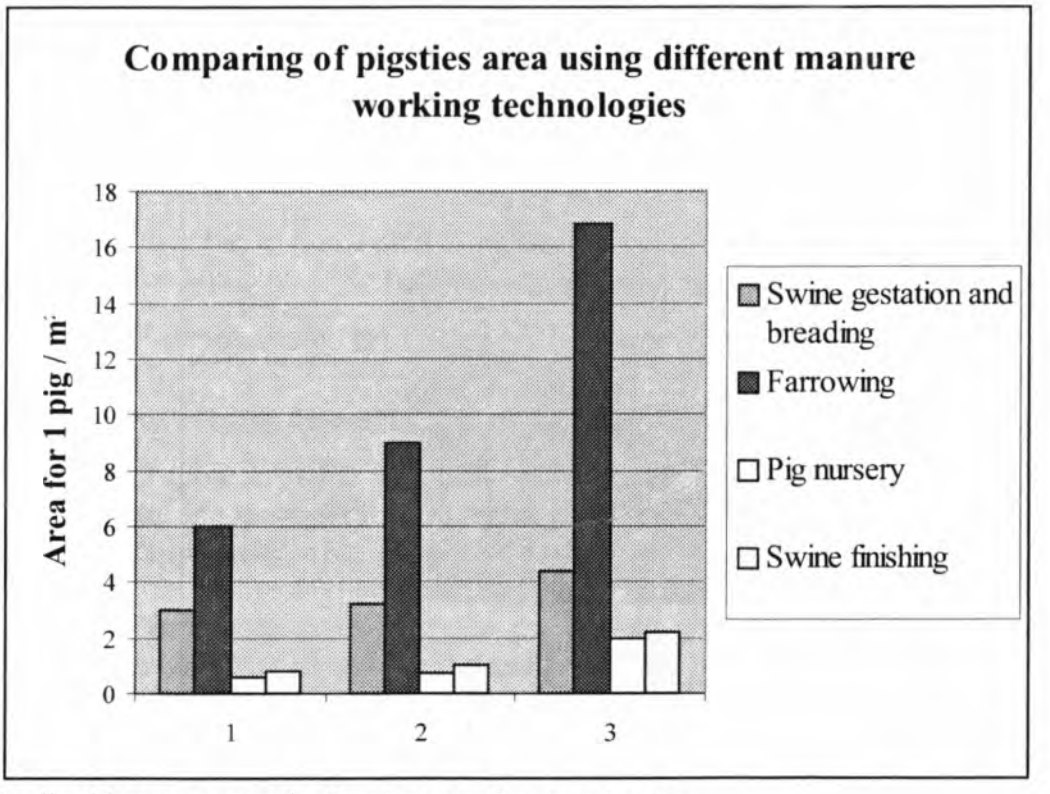
5. Fibrolite wall construction , wooden beam ceiling and roof construction of wooden rafters.

The cheaper is the second version.

In conclusion we can recommend for Latvian farmers the design of pigsties with manure transport through canals or with scrapers and building construction of reinforced concrete columns or wooden slabs, fibrolite wall panels and roof construction of wooden rafters.

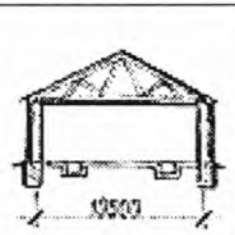
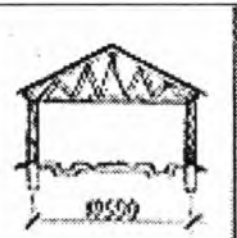
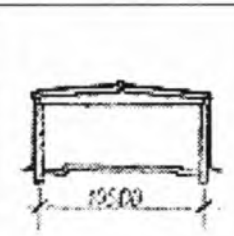
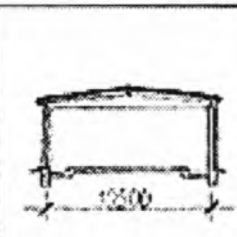
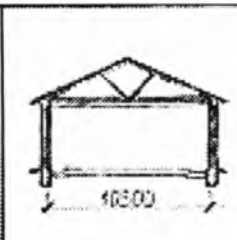






1 - liquid manure canals, 2 - scrapers, 3 - transporters

Economical comparing and analysis of farm building construction

Construction scheme							Mean value
Number of sch.	1	2	3	4	5	6	
Cost Ls/ 1m²	110	81,3	62,2	79,7	63	67,3	77,25
Foundation	Monolithic reinforced concrete strip foundation heated with ECOPRIM sheets	Prefabricated reinforced concrete strip found. heated with ECOPRIM sheets	Prefabr. reinforced columnar and strip found. Heat isolation-ECOPRIM sheets	Prefabr. reinforced columnar and strip found. Heat isolation-ECOPRIM sheets	Monolithic reinforced concrete strip found. heated with ECOPRIM sheets	Monolithic reinforced concrete strip found. heated with ECOPRIM sheet	
% of total cost	13,3	8,5	6,1	4,7	5,9	6,5	7,5
Floor	Concrete - in gates. Ceramic - in beds. Slotted floor of timber beams	Concrete	Concrete - in gates. Ceramics - in beds. Concrete gutter for conveyer	Concrete - in gates. Ceramics - in beds. Concrete gutter for conveyer.	Concrete- in gates. Ceramics - in beds. Concrete gutter for conveyer.	Concrete - in gates. Ceramics - in beds. Concrete gutter for conveyer.	
% of total cost	13,3	3,9	10	8,1	10,2	9,6	9,18
Frame and walls	Aerated concrete with outside of bricks. Partition - aerated concrete and bricks	Infilled walls. Heat isolation of PAROC mineralwool	Prefabr. reinf. concrete columns. Walls of concrete panels w. fibrolite heat isolation	Prefabricate reinforced concrete columns. Walls: plastering fibrolite panels	Timber posts. Walls: plastering fibrolite panels	Timber posts. Walls: plastering fibrolite panels	
% of total cost	22,2	29,9	10	18,7	22,3	19,9	20,5
Roof construction and roofing (covering)	Plank trusses, timber purlins and ONDULINE sheets	Plank trusses, timber purlins and ONDULINE sheets	Timber rafters, purlins and ONDULINE sheets	Reinforced concrete girders, timber H beams, fibrolite panels. Rolled roofing	Reinforced concrete girders, timber H beams, fibrolite panels. Rolled roof.	Timber rafters, purlins and ONDULINE sheets	
% of total cost	16,6	18,5	15,8	45,8	38,8	16,6	25,35
Ceiling	Timber boarding and mineralwool	Boarding of plywood and mineralwool.	Concrete girders, timber beams, fibrol.			Timber H beams, fibrolite panels.	
% of total cost	11,7	17,2	18			25,5	18,1
Doors, windows, gates. % of costs	5,7	4,2	3,4	5,3	6,7	6,3	5,27

Der Pig-port: Viel Komfort für wenig Geld

WIEDMANN, RUDOLF

Regierungspräsidium Tübingen, Konrad-Adenauer-Str. 20, 72072 Tübingen

1 Ausgangssituation

1.1 Schwachstellen konventioneller Haltungsverfahren für Mastschweine

Konventionelle Haltungsverfahren für Mastschweine werden von ihren Befürwortern aus verschiedenen Gründen geschätzt. Im Vordergrund stehen die Sauberkeit der Buchtenflächen als auch das große Angebot an diesbezüglichem Fachwissen. Trotz laufender technischer Fortschritte in der Verbesserung der konventionellen Haltungsverfahren bleiben eine Reihe von Defiziten:

- Die Verbraucherakzeptanz dieser Verfahren ist nach wie vor relativ niedrig. Der Vollspaltenstall wird häufig mit negativen Begriffen wie Intensivtierhaltung und Massentierhaltung verbunden.
- Auch in großen Beständen mit z.B. 2 000 Mastplätzen bewegen sich die Investitionskosten bei ca. 900 DM je Platz auf einem hohen Niveau. Bei einer Festkostenbelastung von 12 % bleibt bei erzielbaren Deckungsbeiträgen von ca. 100 DM je Mastplatz für die Entlohnung der Arbeitskräfte und die Risikoabsicherung zu wenig übrig.
- Zusätzlich ist der Energieaufwand für Lüftung und Heizung nicht erst seit der letzten Energieverteuerung gewaltig. Jeder Mastplatz ist dafür mit 10 bis 20 DM je Jahr belastet.
- Trotz vieler Verbesserungen kann auch eine moderne Lüftungstechnik den Schad- und vor allem Staubgehalt wirtschaftlich nicht soweit reduzieren, dass annähernd Außenklimaverhältnisse erreicht werden.
- Nicht zuletzt dürfen für den Betrieb konventioneller Anlagen die technischen Vorkehrungen, insbesondere für den Ausfall der Lüftungsanlage, nicht vernachlässigt werden (Alarmanlage, Notstromgenerator).

1.2 Die Entwicklung des Kistenstalles

Aus all diesen Schwachstellen wurde vor etwa 10 Jahren in Süd-Württemberg der Kistenstall entwickelt. Die Einstellung der Verbraucher zu dieser Art von Schweinehaltung ist als sehr positiv - insbesondere bei den Einstreuverfahren - anzusehen. Auch die Investitionskosten konnten vermindert werden: Von 1120 DM je Vollspaltenplatz auf 990 DM im strohlosen Kistenstall und 860 DM im eingestreuten Kistenstall (HAIDN UND HORNAUER 1999). Trotz einer geringen Mehrarbeit und des Aufwandes für Stroh liegen die Vollkosten des Kistenstalles um 12 bzw. 11 % unter denen des Vollspaltenstalles (HAIDN UND HORNAUER 1999). Diesen Berechnungen liegen die Energiepreise von 1998 zugrunde.

Trotz des großen Luftvolumenstromes liegen die korrespondierenden Ammoniakmassenströme je Tier und Tag mit durchschnittlich 3 bis 4 g deutlich unter dem Richtwert von 7 g/Tier und Tag für konventionelle, geschlossene Mastställe (VAN DEN WEGHE 1998). Dies beruht im Wesentlich auf den niedrigeren Stalltemperaturen.

2 Die Fortentwicklung des Kistenstalles: Der Pig-port

2.1 Anforderungen an künftige Mastställe

Wachsende Bestände, gestiegene Hygieneanforderungen und Marktveränderungen stellen an neue Haltungsverfahren die folgenden Anforderungen:

- Durchführung eines Abteil-Rein-Raus-Verfahrens
- Kostengünstiges, organisches Wachstum in überschaubaren Entwicklungsschritten
- Einsatz unterschiedlicher Fütterungstechniken (Trocken-, Breiautomaten, Flüssigfütterung am Sensor oder rationierte Fütterung am Quertrog)
- Verwendung unterschiedlicher Entmistungsverfahren (z.B. Flüssigmist, Minimaleinstreu, Festmist)
- Kostengünstige Möglichkeit zur Umstellung auf Verfahren nach EU-Öko-Verordnung oder ähnliche Markenfleischprogramme
- Bau der Stallanlagen weitgehend unabhängig von Topographie und Hauptwindrichtung.

2.2 Funktionsmerkmale des Pig-ports

- Das Stallgebäude ist auf ein Pultdach reduziert und hat somit relativ wenig „leeren" Raum. Im hinteren Bereich des Pig-ports ist das Pultdach zugleich Teil des Liegebereiches. Der Luftaustausch findet nur von der höheren Frontseite aus statt. Dadurch werden Zugluftersheinungen sicher vermieden. Nur bei höheren Außentemperaturen wird der rückwärtige Zuluftschlitz geöffnet. Aufgrund der weit geöffneten Frontseite und des nur 7,00 m breiten Pig-ports besteht ein sehr guter Luftaustausch.
- Der Kontrollgang verläuft komplett im Frischluftbereich. Bei Südostausrichtung reicht die Wintersonne bis in die Ruhekisten hinein. Dagegen ist im Sommer der gesamte Stallbereich aufgrund des Vordaches im Schatten.
- Jeder einzelne Pig-port kann im Rein-Raus-Verfahren betrieben werden.
- Mit einem thermostatisch gesteuerten Rollo im Frontbereich lassen sich Minustemperaturen im Stallbereich verhindern. Dies ermöglicht den Einsatz aller gängigen Flüssigfütterungssysteme, z.B. Kurztrog mit Sensor oder auch rationierte Fütterung am Quertrog.
- Der Pig-port bietet aufgrund seiner geringen Breite von nur 7,00 m durch Terrassierung eine günstige Alternative beim Bau an Hanglagen.
- Aufgrund des Baukastensystems erleichtert der Pig-port überschaubare Entwicklungsschritte.
- Die geringe Bauhöhe verringert nicht nur die Kosten für den Unterbau des Stalles, sondern ermöglicht Kosteneinsparungen durch einen hohen Eigenleistungsanteil.
- Das hinten tiefstehende Pultdach ist zugleich ein Teil der Ruhekiste. Es ist aber auch möglich, im hinteren Bereich den Kontrollgang vorzusehen. Diese Form ist insbesondere für Ökobetriebe, für die ein Auslauf vorgeschrieben ist, interessant.
- In Abhängigkeit vom Fütterungsverfahren kann das Pultdach wärmegedämmt oder nicht gedämmt ausgeführt werden.

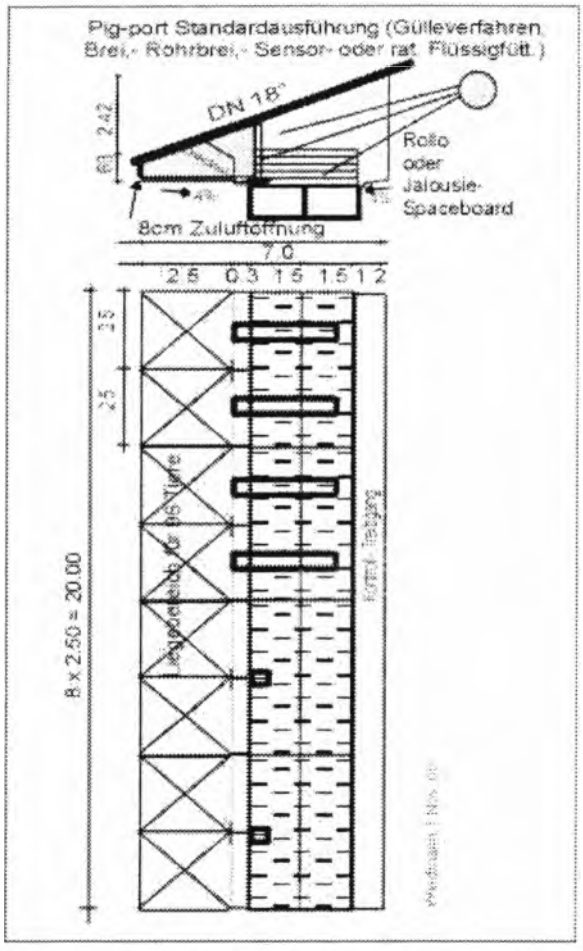


Abb. 1: Beispiel für einen Pig-port mit 96 Mastplätzen
Example of pig-port with 96 finishers

- Vorteilhafterweise wird der Pig-port nach Südosten geöffnet. So kann im Winter die flach stehende Sonne in die Buchten scheinen, während im Sommer bei hochstehender Sonne die Schweine im Schatten sind. Mit Ausnahme der Ausrichtung nach Westen sind alle Himmelsrichtungen ohne Nachteile möglich.
- Aufgrund der hohen Trockensubstanzgehalte in der Gülle (bis zu 15 %) werden an die Entleerung der Kanäle hohe Anforderungen gestellt. Das Zirkulationsverfahren mit einem Güllemixer ist die Methode der Wahl. Regelmäßiges Mixen im Sommer reduziert zugleich den Fliegenbesatz. Auch Güllekeller können im Pig-port problemlos aufgerührt werden, da einerseits die Gülle kühl lagert und andererseits die Luftaustauschraten im Vergleich zum konventionellen Stall ungleich höher sind. Ganz im Außenbereich verlaufende Unterflurschieber verlangen entsprechende Sorgfalt.
- Im Gegensatz zum konventionellen Außenklimastall beeinträchtigen mehrere eng nebeneinanderstehende Pig-ports nicht den Luftaustausch.
- Aufgrund des Baukastenprinzips bietet der Pig-port günstige Voraussetzungen für organische, überschaubare Entwicklungsschritte.
- Er bietet eine sehr hohe Verbraucherakzeptanz.

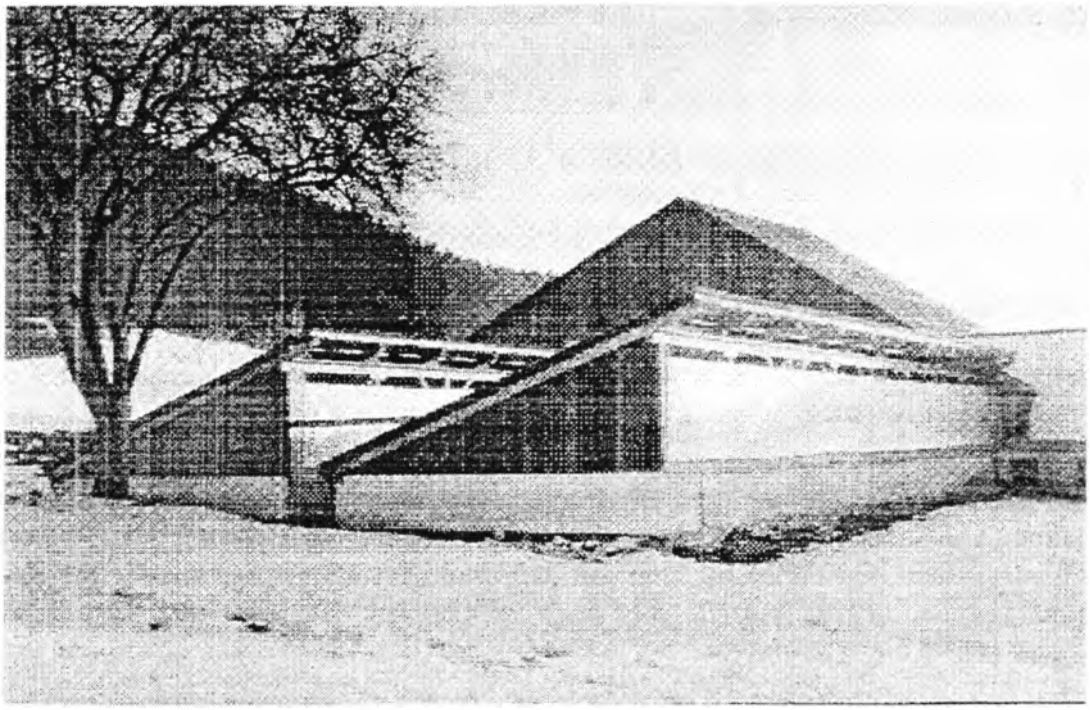


Abb. 2: Zwei nach Südosten ausgerichtete Pig-ports bei winterlichen Bedingungen
Two pig-ports straightend to south-east during winter time

3 Literatur

HAIDN, B. UND N. HORNAUER (1999): Haltung von Mastschweinen in Außenklimaställen. Sonderdruck aus dem Tagungsband der Landtechnisch-Baulichen Jahrestagung am 23. Nov. 1999 in Mirskofen bei Landshut, Landtechnik Weihenstephan, Freising

VAN DEN WEGHE, H. (1998): Außenklimaställe für Schweine. KTBL, Darmstadt, KTBL-Sonderveröffentlichung 026

Pig-port: Much comfort for a little money

WIEDMANN, RUDOLF

Regierungspräsidium Tübingen, Konrad-Adenauer-Str. 20, 72072 Tübingen, Germany

The pig-port is a welfare-friendly housing system with many possiblities to cover the whole spectrum of different aspects of pig production. There are different areas were the finishers can sleep, eat and defecate/urinate. On a lot of commercial farms you can see that pigs have a natural instinct to keep their sleeping und feeding places clean. Depending on temperature the animals spend most of their time in the solid dark lying area. They get up when they need to eat or to defacate/urinate, to contact with other members of the group/neighbours group or only to enjoy the warming sunbeams. The input of labor does not differ great from traditinal housing systems.

Arbeitswirtschaftlicher Vergleich verschiedener Haltungssysteme im Abferkelbereich

SNELL, HINRICH[1]; JOACHIM BURSCH[2] UND HERMAN VAN DEN WEGHE[1]

[1] Forschungs- und Studienzentrum f. Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Univ. Göttingen, Driverstr. 22, 49377 Vechta
[2] Institut für Agrartechnik, Universität Göttingen, 37075 Göttingen

1 Einleitung

Im Zuge der Intensivierung der Ferkelproduktion setzte sich der strohlose Kastenstand für die Haltung von Sauen im Abferkelbereich durch. Aus Sicht der Tiergerechtheit weist dieses Aufstallungssystem gegenüber Buchten mit größerem Bewegungsangebot für die Sau nach VON BORELL ET AL. (1997) Vorteile aber auch verschiedene Nachteile auf. Zu den positiven Aspekten gehört die Verringerung der Ferkelverluste durch Erdrücken sowie die Vereinfachung der Bestandesführung, der Gesundheitskontrolle und tiermedizinischer Behandlungsmaßnahmen. Demgegenüber können bestimmte Verhaltensweisen, wie das Nestbauverhalten, nur eingeschränkt ausgeübt werden. Auch der erhöhte Stress vor der Geburt und die Hinweise auf ein gesteigertes MMA-Risiko, sind als Nachteile des Verfahrens zu benennen.

Folgerichtig empfehlen VON BORELL ET AL. (1997) die forcierte Entwicklung solcher Abferkelsysteme, in denen die Sau freibeweglich ist, ohne dass die Überlebensrate der Ferkel beeinträchtigt wird.

Vor dem Hintergrund derartiger Überlegungen wurden im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen in der Sauenanlage des Versuchsbetriebes Relliehausen der Universität Göttingen produktionstechnisch realistische Alternativen zum bewährten Kastenstand berücksichtigt. Seit Jahresbeginn 1999 wird dort ein Vergleich dieser Haltungssysteme durchgeführt, welcher Merkmale der Ethologie, der Tiergesundheit, des Stallklimas sowie der Ökonomie und der Produktivität umfasst.

Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung sollten die arbeitswirtschaftlichen Konsequenzen von Abferkelbuchten mit verbesserten Bewegungsmöglichkeiten für die Sauen ermittelt werden.

2 Material und Methoden

Die zu vergleichenden Haltungssysteme waren in vier verschiedenen Stallabteilen installiert, die sich ausschließlich hinsichtlich der Gestaltung der Abferkelbuchten unterschieden.

Diese waren gleich groß (200 x 249 cm) und alle aus, ggf. geringfügig modifizierten, Standardteilen der Fa. Laake (Langen) gefertigt. Unterschiede bestanden lediglich bei den Bewegungsmöglichkeiten für die Sau und den daraus resultierenden Einrichtungsgegenständen. Dort, wo sich die Sau frei bewegen konnte, waren die Buchtenwände im Sauenbereich von 60 auf 110 cm erhöht. Ferner waren Ferkelschutzbügel an den Wänden installiert.

Die verglichenen Haltungssysteme lassen sich wie folgt charakterisieren:

Abteil 1: Kastenstand in Diagonalaufstallung, die Sau war bis zum Absetzen fixiert.

Abteil 2: Wie Variante 1, aber der Kastenstand wurde nach dem Kastrieren (ca. 10. d) geöffnet. Dabei ergab eine Hälfte die Begrenzung des Ferkelnestes, die andere einen wandseitigen Ferkelschutz.

Abteil 3: Wie Variante 2, aber eine Hälfte des Kastenstandes wurde entfernt, die andere Hälfte begrenzte das Ferkelnest. Durch ein Schwenken dieser Begrenzung konnte die Sau an der Wand fixiert werden.

Abteil 4: Wie Variante 3, aber es war keine Fixierung der Sau möglich.

Da von der Möglichkeit einer Fixierung in Abteil 3 kein Gebrauch gemacht wurde, werden die Abteile 3 und 4 im Folgenden zur Variante 3 zusammengefasst.

Die Belegung der beschriebenen Abteile erfolgte im Rein-Raus-Verfahren mit Sauen verschiedener Reinzuchten und Kreuzungen. Die Genotypen wurden dabei zufällig auf die Abteile verteilt.

Nach Installation der neuen Haltungstechnik konnte sich das Stallpersonal über mehrere Monate an die Gegebenheiten gewöhnen. Anschließend wurde der Arbeitsablauf ermittelt und die Gesamtarbeit in Arbeitselemente unterteilt. Die Zeitaufnahme erfolgte schließlich mit einer Stoppuhr und Protokollierung per Hand.

3 Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung detailliert aufgeführt. Gegenüber einer früheren Darstellung (SNELL ET AL. 1999) wurde die Datengrundlage noch geringfügig erweitert, woraus leichte Abweichungen resultieren. Darüber hinaus ist zu beachten, dass in Tabelle 1Tab. 1 die Anzahl beteiligter Personen berücksichtigt ist, um die Gegenüberstellung mit Resultaten anderer Arbeiten zu vereinfachen. Dadurch wird der Vergleich der Buchtentypen nur marginal tangiert, da bei lediglich einer Arbeit Variantenunterschiede hinsichtlich der Zahl eingesetzter Arbeitskräfte gegeben waren.

Aus Tabelle 1 wird deutlich, dass die Aufstallungsvarianten mit der geringsten und der größten Bewegungsmöglichkeit einen nahezu identischen Gesamtarbeitszeitaufwand verursachten. Variante 2 erforderte demgegenüber merklich mehr Zeit. Für eine präzise Bewertung ist jedoch das Aufgliedern der Arbeitszeit notwendig.

Den größten Zeitbedarf verursachte die Gruppe der ferkelbezogenen Sonderarbeiten. Davon wurde ein erheblicher Anteil außerhalb der Abteile durchgeführt und zeigt demnach keine Unterschiede zwischen den Buchtentypen auf. Diese Arbeiten waren in ihrem quantitativen Ausmaß von den Anforderungen eines Versuchsbetriebes mitbestimmt. Bei den restlichen Arbeitselementen traten Differenzen vor allem dann auf, wenn Ferkel aus der Bucht zu holen waren, während die Sau anwesend war. Diesbezüglich stellte die Bewegungsbucht eine Erschwernis dar, die sich deutlich darin ausdrückt, dass dort das Fangen der Ferkel in der Mitte der 1. Lebenswoche nur von 2 Arbeitskräften zu bewältigen war.

Bei den Routinearbeiten hingegen verursachte die Bewegungsbucht den geringsten Zeitaufwand. Die Ursache dafür ist das völlige Entfallen einer regelmäßigen Buchtengrobreinigung. Die höhere Bewegungsaktivität der Tiere bei dieser Haltungsform führte zu einer ausreichenden Selbstreinigung der perforierten Böden.

Tab. 1: Arbeitszeitbedarf für Sauen im Abferkelbereich [1)]
Working time needed for sows in the farrowing pen

	Häufigkeit	AK	Variante 1 AK s / Sau	Variante 2 AK s / Sau	Variante 3 AK s / Sau
Sau füttern, 2 x tgl. 1 Schaufel	6	1	50,1	78,2	68,4
Sau füttern, 2 x tgl. 2 Schaufeln	44	1	552,5	605,0	554,6
Füttern der Ferkel	10	1	51,9	54,8	58,4
Grobreinigen der Buchten	9/5/0[2)]	1	157,9	113,3	0
Routinearbeiten			812,4	851,3	681,4
Einstallen [3)]	1	1	59,1	47,6	16,1
Absetzen der Sau	1	2	39,4	44,6	39,6
Impfung durch Tierarzt	1	1	10,2	14,1	14,1
Setzen einer Spritze	2	1	17,0	63,1[4)]	63,1[4)]
Sonderarbeiten, Sau			125,7	169,4	132,9
10 Ferkel fangen, z. Behandeln	1	1/1/2[2)]	39,8	34,5	97,8
Ferkelsortieren, z. Behandeln	1	1	36,2[4)]	36,2[4)]	36,2[4)]
10 Ferkel behandeln [5)]	1	2	1667,4[4)]	1667,4[4)]	1667,4[4)]
10 Ferkel zurücksetzen	1	1	25,6	23,9	25,4
5 Ferkel kastrieren	1	2	549,8	462,2	633,8
Ausstallen der Ferkel [6)]	1	3	529,5	479,1	509,7
Totes Ferkel aus Bucht entfernen	1,5	1	11,4	41,7	41,7
Sonderarbeiten, Ferkel			2859,7	2745,0	3012,0
Gitter öffnen (nur Var. 2)	1	1	0	173,0	0
Gitter schließen (nur Var. 2)	1	1	0	104,5	0
Grobreinigung, vor HD-Reinig.	1	1	16,0	42,7	36,5
Sonderarbeiten, Bucht			16,0	320,2	36,5
Gesamtarbeitszeit			3813,8	4085,9	3862,8

1) Daten berücksichtigen die Häufigkeit der Arbeitserledigung und die Zahl eingesetzter Arbeitskräfte. Alle Angaben frei von Weg- und Rüstzeiten, Annahmen: 11,5 leb. geb. Ferkel, 1,5 Abgänge in den ersten Tagen, Verweildauer = 25 d (davon 21 d Säugeper.)
2) Angaben für die Varianten 1/2/3
3) Zeit vom Betreten des Abteils durch die Sau bis zum Schließen der Buchtentür
4) Arbeit wurde außerhalb der Abteile ausgeführt und daher über die Varianten gemittelt
5) Tätowieren, Wiegen, Schwänze und Zähne kürzen, Eiseninjektion
6) Fangen, Wiegen, in Trsp.karre setzen, Sau war bereits ausgestallt

Die Sonderarbeiten, welche für die Sauen zu erbringen waren, benötigten relativ wenig Zeit. Dennoch zeigten sich auch hier konstruktionsbedingte Unterschiede. Einerseits ließen sich die Sauen sehr viel schneller einstallen, wenn kein Kasten zu verschließen war. Andererseits war die Durchführung jeglicher Behandlungsmaßnahmen in der Bewegungsbucht erschwert.

Grundsätzlich ist eine Injektion auch bei freibeweglichen Sauen möglich, wie der Tierarzt im Rahmen der Impfung bewies. Dennoch beunruhigt eine derartige Behandlung die Tiere häufig und birgt darüber hinaus für die Arbeitskraft ein gewisses Risiko in sich. Das spiegelt sich u.a. darin wider, dass die Applikation von Hormon- bzw. Vitaminpräparaten durch das Stallpersonal im Deckzentrum, also außerhalb des Abferkelbereiches, vorgenommen wurde. Die notwendigen Wegzeiten sind in Tabelle 1 nicht enthalten.

Die Ergebnisse zusammenfassend, belegt die vorliegende Arbeit, dass die Einzelhaltung von Sauen in Bewegungsbuchten, unter den geprüften Bedingungen, keine Mehrarbeit gegenüber einem Kastenstand verursachen muss. Aus Sicht des Arbeits- und Tierschutzes aber auch, um den Zeitbedarf weiter zu verringern, ist es notwendig, eine sicher und schnell zu handhabende Möglichkeit zu schaffen, freibewegliche Sauen temporär zu fixieren.

Die Sauenhaltung in Kastenständen, die während der Säugezeit geöffnet werden, ist arbeitswirtschaftlich nur vertretbar, wenn hierzu kein zeitraubender Umbau notwendig ist.

4 Literatur

BORELL, E. VON, D.M. BROOM, D. CSERMELY, A.A. DIJKHUIZEN, S.A. EDWARDS, P. JENSEN, F. MADEC and C. STAMATARIS (1997): The Welfare of Intensively Kept Pigs. Report of the Scientific Veterinary Committee, European Commission

SNELL, H.; J. BURSCH UND H. VAN DEN WEGHE (1999): Aufstallung von Sauen in modifizierten Abferkelställen - Arbeitswirtschaftliche Aspekte. Landtechnik 54, S. 352-357

Working time needed for sows in different farrowing systems

SNELL, HINRICH[1]; JOACHIM BURSCH[2] AND HERMAN VAN DEN WEGHE[1]

[1] Research Centre for Animal Production and Technology, University of Göttingen, Driverstr. 22, 49377 Vechta, Germany

[2] Institute of Agricultural Engineering, University of Göttingen, 37075 Göttingen, Germany

The subject of this investigation was to compare the working time needed in three farrowing systems (standard farrowing crate, standard crate opened after castration of the piglets, locomotion pen). The construction of the pens was identical, but restricting the locomotion of the sows to a varying degree. No considerable differences with respect to the total working time existed between the pens with the lowest and the highest possibility of locomotion. A sow with 10 piglets required 3813.8, 4085.9 and 3862.8 s resp., taking the number of workers involved and of necessary replications into consideration. Differences were obtained by breaking down these values.

Periodical cleaning was not necessary in the locomotion pen, but in the standard crate less time was used for all the tasks dealing with the animals. The results of this investigation point to the fact that regarding the working time locomotion pens offer a realistic alternative to conventional systems. Possibilities for a temporary fixation of the sows have to be improved, focusing on easy handling.

Ethologische Beurteilung verschiedener Mastschweine-Haltungsverfahren mit unterschiedlichem Emissionsverhalten

BEA, WOLFGANG[1], EBERHARD HARTUNG[1], THOMAS JUNGBLUTH[1] UND JOSEF TROXLER[2]

[1] Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart
[2] Institut für Tierhaltung und Tierschutz, Veterinärmedizinische Universität Wien, Josef-Baumann-Gasse 1, A-1210 Wien

1 Einleitung

Es ist anzunehmen, dass kommende Verordnungen und Gesetze mehr Regelungen zu Tierschutz und Tiergerechtheit von Stallanlagen und den realisierten Haltungssystemen enthalten werden. Daher finden die Anforderungen der Tiere an Stallanlagen, neben der Berücksichtigung von ökonomischen Parametern, sowie der Betrachtung von Stallanlagen hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt, verstärkt Niederschlag in Um- und Neubauten.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist, ein als Umbaulösung weiter entwickeltes, alternatives Haltungssystem unter dem Gesichtspunkt der Tiergerechtheit zu beurteilen. Hierbei wird das alternative Haltungssystem mit freier Lüftung und getrennten Klimabereichen mit einem herkömmlichen System, welches durch Vollspaltenboden und Zwangslüftung gekennzeichnet ist, verglichen. Für die Beurteilung der Tiergerechtheit beider Haltungssysteme werden Aspekte des Tierverhaltens, der Tieraktivität, des Integumentes, der Gesundheit und der Leistungsparameter der Tiere, sowie die Qualität der Raumluft untersucht.

2 Material und Methode

Die unterschiedlichen Haltungssysteme werden während fünf aufeinanderfolgenden Mastperioden verglichen. Die Versuche werden voraussichtlich im Oktober 2001 beendet sein.

Die Herkunft der bei der Untersuchung eingesetzten Kreuzungstiere (DL x Pit) ist einheitlich. Aufgestallt werden die Tiere nach einem ausgewogenen Verhältnis des Geschlechtes, sowie einer ähnlichen Verteilung der Gewichtsklassen innerhalb der Tiergruppen. Die Tiere werden mit einem Gewicht von ca. 25 kg eingestallt und verbleiben in derselben Bucht, bis ein Mastendgewicht von ca. 110 - 120 kg erreicht ist.

Der Versuchsstall für Mastschweine, in welchem die Untersuchungen durchgeführt werden, befindet sich auf dem Versuchsbetrieb „Unterer Lindenhof" der Universität Hohenheim (HARTUNG 1999, GALLMANN 2000).

Aspekte des Tierverhaltens werden in dieser Untersuchung durch das Ruheverhalten, die Art und Dauer der Aktivität sowie die Thermoregulation beschrieben (Tab. 1). Die Parameter werden hierfür in regelmäßigen Abständen mittels Videobeobachtung über die ganze Mastperiode registriert. Die Anordnung der 16 parallel betriebenen Kameras in den Abteilen erlaubt die Beobachtung aller funktionalen Bereiche. Die Videobeobachtungen dauern jeweils 3 x 24 Stunden und werden zu fünf Zeitpunkten, verteilt über die gesamte Mastperiode vorgenommen (Tab. 1).

Ergänzend zu den Video-Beobachtungen wird die Tieraktivität kontinuierlich von automatisch arbeitenden Aktivitätssensoren registriert. Die Sensoren arbeiten auf Infrarotbasis (PETERSEN UND PETERSEN 1995). Jeweils zwei Sensoren sind in jedem Abteil angebracht.

Tab. 1: Übersicht der gewählten Verhaltenselemente; Methode und Zeitplan der Datenaufnahme
Elements of animal behavior / recording method and schedule

Parameter	**Elemente**	**Datenaufnahme**	**Zeitplan**
Tierverhalten	Aktivität	Videobeobachtung Aktivitätssensoren	30-35 kg, 50-55 kg, 70-75 kg, 90-95 kg und >110 kg
	Ruheverhalten	Videobeobachtung	30-35 kg, 50-55 kg, 70-75 kg, 90-95 kg und >110 kg
	Thermoregulation	Videobeobachtung Tier- /Buchtenverschmutzung	30-35 kg, 50-55 kg, 70-75 kg, 90-95 kg und >110 kg Verschmutzung 2x/Woche
	Spielverhalten	Direktbeobachtung	30-35 kg, 70-75 kg und >110 kg
	Erkundungs- verhalten	Direktbeobachtung	30-35 kg, 70-75 kg und >110 kg

Die Verschmutzung der Bucht, des Bodens, der Buchteneinrichtungen und der Tiere selbst, wird für die Beschreibung der Thermoregulation der Tiere, wie auch für die Beschreibung der Einhaltung der funktionalen Bereiche durch die Tiere genützt.

Das Spielverhalten wie auch das Erkundungsverhalten werden durch Direktbeobachtungen in den Abteilen erhoben (Tab. 1).

Um schlüssige Aussagen zum Maß der Tiergerechtheit der Stallsysteme treffen zu können, werden ergänzend zu den Beobachtungen des Verhaltens Daten zu den in Tabelle 2 aufgeführten Parametern erhoben.

Die Beurteilung der Schäden am Integument der Tiere erfolgt in Anlehnung an die Methode nach EKESBO (EKESBO 1984; GLOOR 1988). Es werden die Schweregrade der auf der Oberfläche der Tiere auftretenden Schäden aufgenommen.

Die Leistung der Tiere wird durch die täglichen Zunahmen, sowie die Futterverwertung beschrieben (Tab. 2).

Zum Gesundheitsstatus der Tiere werden Daten zu sichtbaren und hörbaren Merkmalen der Gesundheit, sowie der Morbidität mittels kontinuierlich durch die Schweinemeister getätigten Aufschriebe zu Krankheiten und Verabreichung von Medikamenten, aufgenommen.

Die Daten zur Qualität der Raumluft werden kontinuierlich gemessen. Der Staubgehalt der Luft wird durch Staubmessgeräte in drei Größenklassen während der Dauer der Videoaufnahmen zu fünf Zeitpunkten über den Mastverlauf bestimmt.

Tab. 2: Parameter der Tiere und Raumluftqualität - Methode und Zeitplan der Datenaufnahme
Animal parameters and indoor air quality / recording method and measuring schedule

Parameter	**Elemente**	**Datenaufnahme**	**Zeitplan**
Integument Beurteilung	____	Aufnahme der Verletzungen	30-35 kg, 70-75 kg und >110 kg
Leistung	Tägliche Zunahmen	Wiegung	30-35 kg, 50-55 kg, 70-75 kg, 90-95 kg und >110 kg
	Futterverwertung	Lebendgewicht Futterverbrauch	Ende der Mastperiode
Gesundheits-status	Gesundheit	Merkmale der Konstitution, z.B. Husten	2x / Woche
	Morbidität	Aufzeichnung der Krankheiten und Einsatz von Medikamenten	Aufschriebe der Schweinemeister
Raumluftqualität	____	Temperatur + Feuchte der Luft, Gas- und Staub-Konzentrationen	kontinuierliche Messung, Staub während der Videoaufnahmen

3 Erste Ergebnisse

Die Bilder der Videoaufnahmen, sowie die Daten der Direktbeobachtungen hinsichtlich des Tierverhaltens befinden sich momentan in der Auswertung. Eine Aussage bezüglich von Unterschieden im Tierverhalten in den beiden Stallsystemen, sowie deren Ursache können daher momentan noch nicht getroffen werden.

Für das alternative Haltungssystem hat sich bisher gezeigt, dass sich die Tiere eng an die gegebene Struktur der getrennten Klimabereiche halten, solange sich die klimatischen Bedingungen innerhalb und außerhalb des Liegebereiches unterscheiden.

Die Wahl des bevorzugten Liegeplatzes im alternativen Haltungssystem scheint von der Qualität der Bodenoberfläche, des Bodenmaterials und der umgebenden Lufttemperatur abzuhängen.

Die Auswertung der Signale der Aktivitätssensoren zeigt eine enge Beziehung des Ausmaßes der Tieraktivität zu den Fütterungszeiten, welche in beiden Abteilen zur gleichen Zeit stattfinden. Die Tieraktivität, verursacht durch die Sensorfütterung mit insgesamt 16 Fütterungszeiten, überlagert den von anderen Autoren als Normalverhalten oft beschiebenen biphasischen Verlauf der Tieraktivität über den Tag.

4 Literatur

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

GALLMANN, E., W. BEA, E. HARTUNG UND T. JUNGBLUTH (2000): Umbaulösung für Vollspaltenbodenstall. Landtechnik 55, H. 3, S. 252-253

GLOOR, P. (1988): Beurteilung der Brustgurt-Anbindehaltung für leere und tragende Sauen auf ihre Tiergerechtheit unter Verwendung der "Methode Ekesbo", sowie ethologische Parameter. FAT, Tänikon, Schweiz, FAT-Schriftenreihe 32

HARTUNG, E., A. HAUSER, E. GALLMANN UND A. STUBBE (1999): Die tier- und umweltgerechte Mastschweinehaltung ist das Ziel. Landtechnik 54, H. 4, S. 236-237

PETERSEN, S. UND C.B. PEDERSEN (1995): Animal activity measured by infrared detectors. Journal of agricultural engineering research 61, S. 239-246

Ethological evaluation of housing systems for fattening pigs with different indoor climate

BEA, WOLFGANG[1], EBERHARD HARTUNG[1], THOMAS JUNGBLUTH[1] AND JOSEF TROXLER[2]

[1] Institute for Agricultural Engineering, University of Hohenheim (440), 70593 Stuttgart
[2] Institute for Animal Husbandry and Animal Welfare, Veterinärmedizinische Universität Wien, Josef-Baumann-Gasse 1, A-1210 Vienna, Austria

The intention of the research project is to evaluate two housing systems for fattening pigs regarding animal welfare. The project is carried out under field conditions in a special experimental swine house for at least 100 fattening pigs. The swine house is composed of two separate compartments. The first compartment is characterised as a common housing system for fatteners with fully slatted floor and forced ventilation. The second compartment is designed as an alternative housing system with partly slatted floor, separate climatic areas with an insulated, covered lying area (kennels) and natural ventilation. Under summer conditions the natural ventilation can be supported by mechanical ventilation if necessary. The alternative system is adapted to the ethological needs of the swine's. The pens are structured to ensure marked functional areas. Both housing systems are equipped with a sensor controlled liquid feeding system and ethologically enriched with occupation techniques. During five fattening periods (two each under summer and winter conditions) animal behaviour, animal activity, health and growth performance of the pigs as well as indoor climate (temperature, humidity, gas and dust concentrations) and the surrounding conditions are registered. The animal behaviour is observed with 16 parallel running video cameras as well as automatically working activity sensors.

Verhalten von Mastschweine im Außenklimastall mit Ruhekisten

HORNAUER, NORBERT; BERNHARD HAIDN UND HANS SCHÖN

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Technische Universität München, 85350 Freising-Weihenstephan

1 Einführung

Außenklimaställe besitzen eine großflächige, freie Querlüftung, die Wärmedämmung wird auf den Ruhebereich der Tiere beschränkt. Die Tiere können sich in zwei Klimazonen nach ihren Bedürfnissen aufhalten. Bereiche zum Liegen, Fressen und Koten sind baulich vorgegeben. Die Funktion strukturierter Systeme ist vereinzelt bereits beschrieben (BARTUSSEK ET AL. 1998, BEHNINGER ET AL. 1997, BRAUN UND MARX 1992, MAYER 1999). Direkt vergleichbare Rahmenbedingungen lagen bei diesen Literaturergebnissen jedoch nicht vor. In einem Systemvergleich wurde das Tierverhalten auf einem Praxisbetrieb in einem Außenklima-Kistenstall mit Teilspaltenboden, einem mit eingestreutem Kotplatz und einem konventionellen Warmstall analysiert.

2 Material und Methode

Drei getrennte Einheiten mit je 64 Tieren (konventioneller Warmstall mit Teilspaltenboden (kW), Außenklimastall mit Ruhekisten und Teilspaltenboden (AKt), Außenklimastall mit Ruhekisten und eingestreutem Kotplatz (AKe)) mit jeweils vier Buchten wurden auf einem Betrieb direkt verglichen (Bild 1; HAIDN ET AL. 2000).

Zu verschiedenen Jahreszeiten wurden, in der Vor- und Hauptmast, in jedem Stallsystem mit zwei bzw. vier Buchten an jeweils zwei Tagen der Aufenthaltsort, die Belegung und Auslastung der Funktionsbereiche, sowie das erkennbare Verhalten (Bauch-, Seitenlage, Stehen, Fressen) und dessen Anteile erfasst. Die Bucht wurde nach Funktionen eingeteilt: Die Kiste als Ruheort, der Mistbereich für Aktivität, Koten, Harnen, der Halbkreis um den Automaten im Radius einer Tierlänge zur Futteraufnahme.

Das Tierverhalten in den Gruppen wurde im Multi-Moment-Verfahren ausgewertet (Intervall 7,5 Minuten, 192 Beobachtungen pro Tag). In einer zweifaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung wurden die Buchten über alle Auswertungstage bezüglich aller untersuchten Verhaltensparameter verglichen. Es war möglich, das Verhalten der Tiergruppen (Bucht) innerhalb der Systeme, zwischen diesen und bezüglich der Jahreszeit (Tag) zu prüfen.

3 Ergebnisse

Unterschiedliches Tierverhalten zwischen den **Buchten** eines Systems trat nur im Zusammenhang mit dem ausgewerteten Tag auf. Zwischen den **Stallsystemen** wurden an keinem Aufenthaltsort wesentliche Unterschiede festgestellt. Es zeichnete sich ein starker Einfluss der Tiergröße, d.h. des Platzanspruches und eine geringe Wirkung der Stall- und Kistentemperatur ab.

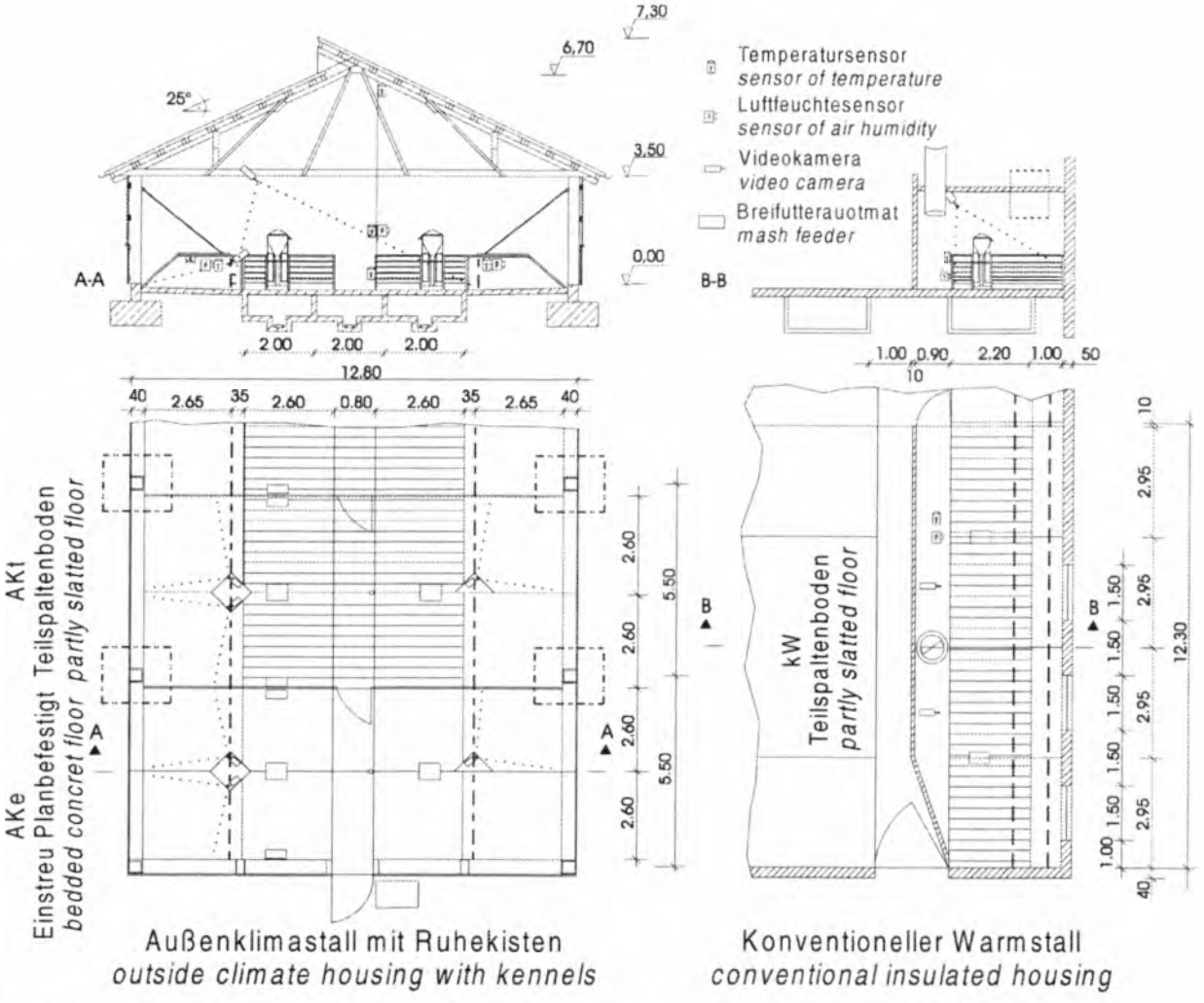


Bild 1: Grundrisse und Schnitte der Versuchseinheiten
Figure 1: Outlines and sectional views of the research units

In der **Vormast** verbrachten die Tiere 80 % der Zeit in der Ruhekiste. Die Verhaltensweisen Fressen und Stehen zeigen keine nennenswerten Unterschiede und erreichen gemeinsam meist Anteile um die 13 %. Der hohe Kistennutzungsgrad war bei den 37 bzw. 40 kg schweren Tieren trotz hoher Stall- und Kistentemperaturen im Sommer ebenso wie im Winter gegeben. Der planbefestigte und eingestreute Kot- und Aktivitätsbereich zeigte im Vergleich zum Spaltenboden keinen Einfluss auf den Aufenthalt in der Kiste.

In der **Hauptmast** bevorzugten die Tiere bei niedrigen Temperaturen die Kiste (88 %) als Aufenthaltsort. Bei Stalltemperaturen über 15 °C wurde bei älteren, schwereren Tieren (79 kg) jedoch verstärktes Liegen im gesamten Buchtenbereich festgestellt. Ab Stalltemperaturen von 20 °C wurde die Seitenlage bevorzugt, da diese ein Maximum an Kühlung bietet.

Im Bereich um den **Futterautomaten** hielten sich die Tiere durchschnittlich 8 % des Tages auf und fraßen überwiegend.

Der Aufenthalt am **Spaltenboden** bzw. am **planbefestigten Kotplatz** wurde funktionsgemäß hauptsächlich zum Koten, Harnen und zur Bewegung genutzt. Das Verhalten am Spaltenboden ist geprägt von den meist hohen und mit 3 bis 6 % relativ konstanten Anteilen für „Stehen". In der Hauptmast nimmt das Liegen auf den Spalten mit der Temperatur und der Lebendmasse zu.

Tab. 1: Tierverhalten im Außenklima-Kistenställen für Mastschweine
Animal behaviour in outside climate kennel housing for fattening pigs

	Vormast						Hauptmast					
Datum	6.2.	8.2.	29.4.	30.9.	17.6.	18.6.	19.2.	20.2.	25.4.	26.4.	1.7.	2.8.
∅ Masse kg	38,5	38,5	30,0	28,5	28,5	28,5	46,5	46,5	79,0	79,0	38,5	57,5
∅ Temp. Stall °C	3,8	2,2	10,6	14,0	18,6	15,7	6,3	7,1	15,2	17,3	20,0	23,3
∅ Temp. Kiste °C	24,4	23,9	28,4	28,1	26,9	25,2	24,6	25,1	25,4	24,8	27,7	27,0
In der Kiste %	86,7	85,4	89,4	60,4	73,7	83,6	88,2	88,4	60,6	57,6	86,0	59,9
Bauchlage %	0,1	1,2	0,2	19,2	4,7	2,7	0,1	0,1	23,9	21,4	0,8	4,4
Seitenlage %	0,0	0,2	0,0	11,4	5,8	0,0	0,0	0,0	6,6	11,6	4,5	24,5
Stehen %	3,3	5,2	3,5	3,7	7,1	6,6	4,2	4,4	4,0	4,5	4,1	7,2
Fressen %	9,9	7,9	6,9	5,3	8,7	7,1	7,5	7,1	5,0	4,9	4,7	4,0

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Die umfangreiche Stichprobe konnte die jahreszeitliche Veränderungen darstellen. Als wichtigste Verhaltensweisen wurden, wie bei BARTUSSEK ET AL. (1998) und MAYER (1999), „Liegen", „Fressen" und „sonstige Aktivitäten" erfasst. „Liegen" nimmt jeweils einen Anteil von 80 bis 90 % des Tages ein. In den eigenen Untersuchungen ermöglichten die direkte Belüftung von außen und bei hohen Temperaturen angehobene Kistendeckel einen raschen Luftaustausch und damit innerhalb und außerhalb der Kisten ähnliche Temperaturen. Infolgedessen lagen im Sommer wesentlich mehr Tiere in den Ruhekisten, als in der Literatur beschrieben war.

Tab. 2: Tierverhalten in Kistenställen für Mastschweine
Animal behaviour in kennel housing for fattening pigs

	HAIDN ET AL. (2000)		BARTUSSEK ET AL. (1998)		MAYER (1999)	
Verhaltensanteil in %	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Liegen in der Kiste	73-80	60-90	50-80	39-47	79	40-60
Liegen außerhalb der Kiste	7-16	3-27	0-35	41-50	7	11-25
Fressen	6-7	6-7	5	4	5	12-14
Sonstige Aktivität	4-6	2-7	3-14	6-8	9	15-20

Bei der Verhaltensweise „Fressen" stimmen die Ergebnisse überein. Der hohe Anteil im Sommer bei MAYER (1999) kann auf die Definition Aufenthalt im Fressbereich als „Fressen" zurückgeführt werden. Übereinstimmend lässt sich feststellen: Der Einfluss des Stallklimas auf das Verhalten und die Nutzung der Funktionsbereiche wird in allen Untersuchungen deutlich. Nach eigenen Beobachtungen und Auswertung der Ergebnisse liegen die unteren Schwellenwerte, bei denen nur notwendige, kurze Aufenthalte außerhalb der Kiste verbracht werden, je nach Wachstumsabschnitt bei 10 bis 15 °C Stalltemperatur. MAYER (1999) gibt für über 70 kg schwere Tiere einen Wert von 8 °C an. Mit steigenden Stalltemperaturen steuern die Tiere

durch ihren Aufenthalt in der Ruhekiste und der Landwirt durch die Veränderung der Luftführung deren Temperatur. Die eigenen Untersuchungen brachten keine signifikanten Verhaltensunterschiede zwischen eingestreutem und strohlosem Kistenstall.

Der Vergleich des Außenklimastalles mit dem herkömmlichen Warmstall zeigte ähnliche Verhaltensanteile. Die Tiere lagen dort insgesamt 75 bis 85 % des Tages und fast ausschließlich auf dem Spaltenboden. Dieses Ergebnis deckt sich mit denen von MAYER (1999).

Herzlicher Dank an das BML für die Finanzierung.

5 Literatur

BARTUSSEK, H., A. HAUSLEITNER, A. SCHAUER, R. STEINWENDER, A. STEINWIDDER, J. ECK, U. FRITSCH UND J. HÖLLER (1998): Kistenhaltung von Mastschweinen. BAL 29, Gumpenstein

BEHNINGER S., B. HAIDN UND H. SCHÖN (1997): Untersuchungsergebnisse zu Stallklima, Tierverhalten und Leistungsparametern. In: 3. Internationalen Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung", Kiel, S. 121-129

BRAUN, S. UND D. MARX (1992): Verhalten von Schweinen während der Aufzucht und der Mast in einem Haltungssystem mit Ruhekisten. Darmstadt, KTBL-Schrift 356

HAIDN, B., HORNAUER, N., RATHMER, B., GRONAUER, A. (2000): Bau und Nutzung eines Schweinestalles auf Flüssigmistbasis als Außenklimastall mit Teilspaltenboden und Ruhekisten. Endbericht, Freising

MAYER, C. (1999): Stallklimatische, ethologische und klinische Untersuchungen zur Tiergerechtheit unterschiedlicher Haltungssysteme in der Schweinemast. Dissertation TU München, Lehrstuhl für Tierhygiene

Behaviour of fattening pigs in outside climate housing with kennels

HORNAUER, NORBERT; BERNHARD HAIDN AND HANS SCHÖN

Bavarian Research Centre of Agricultural Engineering, 85350 Freising-Weihenstephan, Germany

On one farm fattening pigs in two different outside climate housings (with/without straw) and in a warm housing were recorded by multi-moment-video-analyse. Main influence on animal behaviour was found in climatically and daily changes. Between the housing systems there were no significant differences. During the pre-fattening period the animals spent more than 80 % inside the lying kennel. Finisher spread over all areas of the pen rising the microclimate above 15 °C. Under hot summer conditions it is most important to guarantee a maximum free air-flow through kennel and in this way lead to a functional use of this.

Wirkung von α-Amylase auf das Fließverhalten von Flüssigfutter

HEINZL, WOLFGANG[1] UND MENO TÜRK[2]

[1] BASF Aktiengesellschaft, 67056 Ludwigshafen
[2] Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

1 Problemstellung

Flüssigfutter besteht zumeist aus Getreideschrot und Wasser und wird in der Schweinehaltung vollautomatisch angemischt, gepumpt und dosiert. Zuweilen kommen weitere Futterkomponenten wie Kartoffeln, CCM oder stärkereiche alternative Futtermittel hinzu. Diese Flüssigfuttermischungen haben oft eine dickbreiige Konsistenz und werden rheologisch als nicht-Newtonsche Fluide mit pseudoplastischem oder nichtlinear-plastischem Fließverhalten klassifiziert. Sie sind grobstrukturiert, neigen z.T. zur Sedimentation und können manchmal sogar thixotrope Eigenschaften aufweisen.

Um die Pumpfähigkeit zu sichern, darf ein bestimmter Wasseranteil nicht unterschritten werden. Bei Getreideschrot gilt in der Regel ein Massenverhältnis von Trockenfutter : Wasser von 1 : 2 bis 1 : 3. Der höhere Wasseranteil verbessert zwar das Fließ- und Förderverhalten, steigert jedoch die Sedimentationsneigung, verringert die Nährstoffkonzentration des Futters und führt zu höherem Gülleanfall.

BASF vermarktet eine von DSM entwickelte α-Amylase als Futterenzym, die dem Flüssigfutter zugesetzt wird. Dadurch kann bei gleichem Wasseranteil die Viskosität verringert werden. Das erfolgt durch eine Aufspaltung der langkettigen Stärkemoleküle in kürzere, leicht lösliche Polymere. Dadurch soll es dem Schweinehalter ermöglicht werden die Pumpfähigkeit des Flüssigfutters auch bei verringertem Wasseranteil zu gewährleisten.

Die Wirkung von α-Amylase in verschiedenen Dosierungen auf das Fließ- und Förderverhalten unterschiedlicher Futterstoffe und Futterzusammensetzungen sowie deren wichtigste Einflussfaktoren wurde rheologisch untersucht, bewertet und modellmäßig beschrieben.

2 Material und Methoden

In Laborversuchen wurden Rühr- und Fließkurven sowie in Technikumsversuchen Rohr- und Pumpenkennlinien aufgenommen.

Die Standardversuche erfolgten mit Hilfe eines Rotationsviskosimeters MC 1/RM 300 von PHYSICA, das wechselseitig mit einem Ankerrührer und einem Messzylinder betrieben werden konnte. Der Ankerrührer wurde eingesetzt, um Entmischungen bei der Aufnahme der Rührkurven M (t) über die Beobachtungszeit von 30 min zu vermeiden. Anschließend wurde der Rührkörper durch einen Messzylinder ersetzt und mit der selben Probenfüllung eine Fließkurve τ ($\dot{\gamma}$) aufgenommen. Diese Belastungskurven wurden von verschiedenen Futterstoffen und –mischungen mit unterschiedlicher Dosierung der α-Amylase (40, 100 und 200 ppm) aufgenommen und qualitativ miteinander verglichen. So kann die Wirkung der Enzymzusätze im Vergleich zur Nullprobe (ohne Zusatz) über die Rührzeit von 30 min bewertete werden. Die Gegenüberstellung der Fließkurven ermöglicht die quantitative Einschätzung der Wirkung des

Futterenzyms. Die Fließkurven werden mit Hilfe der Potenzgesetze von OSTWALD UND DE WAELE (für pseudoplastisches Verhalten) oder von HERSCHEL UND BULKLEY (für nichtlinearplastisches Verhalten) modellmäßig beschrieben. Die ermittelten Fließkennwerte sind Voraussetzung für die Berechnung der Rohrkennlinien bei der Planung von Flüssigfütterungsanlagen.

Auf diese Weise wurden die wichtigsten Getreidearten (schrotförmig und z.T. in Pelletform), Kartoffelschälabfälle, gedämpfte Kartoffeln, Küchenabfälle und Praxisfuttermischungen mit unterschiedlicher Zusammensetzung bei verschiedenen Temperaturen und Scherraten untersucht.

Mit ausgewählten Getreidefuttermischungen wurden am Förderversuchsstand im ATB Rohr- und Pumpenkennlinien aufgenommen.

3 Ergebnisse

Das Fließverhalten von Flüssigfutter aus Getreideschrot (Weizen, Roggen oder Gerste) wird durch α-Amylase *(Natustarch®)* nur unwesentlich beeinflusst. Maximale Wirkungen konnten beim Zusatz zu Roggen- und Weizenschrot mit einer Dosiermenge von 40 ppm beobachtet werden. Hier verminderte sich die Viskosität um maximal 15 %. Bei Hafer und Mais werden keine dem entsprechende Wirkungen festgestellt.

Für Flüssigfutter aus Mischungen verschiedener Getreidearten verringert sich die Viskosität des Flüssigfutters durch den Zusatz von α-Amylase um höchstens 10 %. Dabei beeinflussen zwar Futtertemperatur, Belastungshöhe und Rührzeit das Fließverhalten, diese Faktoren sind jedoch für den verfahrenstechnischen Prozess der Flüssigfütterung nicht von herausragender Bedeutung.

Am stärksten wurde das Fließverhalten von Futtermischungen mit thermisch aufgeschlossener Kartoffelstärke durch die α-Amylase *Natustarch®* beeinflusst. Bei Mischungen aus gedämpften Kartoffeln und Wasser konnte die Viskosität um bis zu 60 % gesenkt werden. Ähnliches wurde auch bei Tapiokastärke beobachtet. Diese positiven Wirkungen werden natürlich in praktischen Futtermischungen mit hohen Getreideanteilen reduziert. Es ergibt sich hier eine Absenkung der Viskosität um max. 30 bis 40 %. Beim Einsatz von Kartoffelschälabfällen in der Flüssigfütterung kann mit einer maximalen Reduzierung der Viskosität des Flüssigfutters von lediglich 10 bis 20 % gerechnet werden.

Abbildung 1 zeigt als Beispiel die Rührkurven einer Flüssigfuttermischung mit gedämpften Kartoffeln und Weizen im Massenverhältnis von 1 : 2. Einer Nullprobe (ohne Zusatz) werden Proben mit Zusatz von *Natustarch®* von 40, 100 und 200 ppm gegenübergestellt. Durch den direkten Vergleich der zeitgleich gemessenen Drehmomente, also den Quotienten (M_i/M_0), lässt sich die Wirkung der Futterenzyme, bezogen auf die Nullprobe, qualitativ bewerten. Man erkennt den Zeiteinfluss und augenscheinlich tritt die maximale Wirkung nach 5 bis 10 min Rührzeit auf, d.h. das entspricht den praktischen Verhältnissen bei der Flüssigfütterung. Ein Einfluss der Dosiermenge ist in diesem Beispiel nicht erkennbar.

Die Zugabe von *Natustarch®* bei alternativen Futtermitteln muss hinsichtlich den Anteils an Kartoffelstärke bewertet werden.

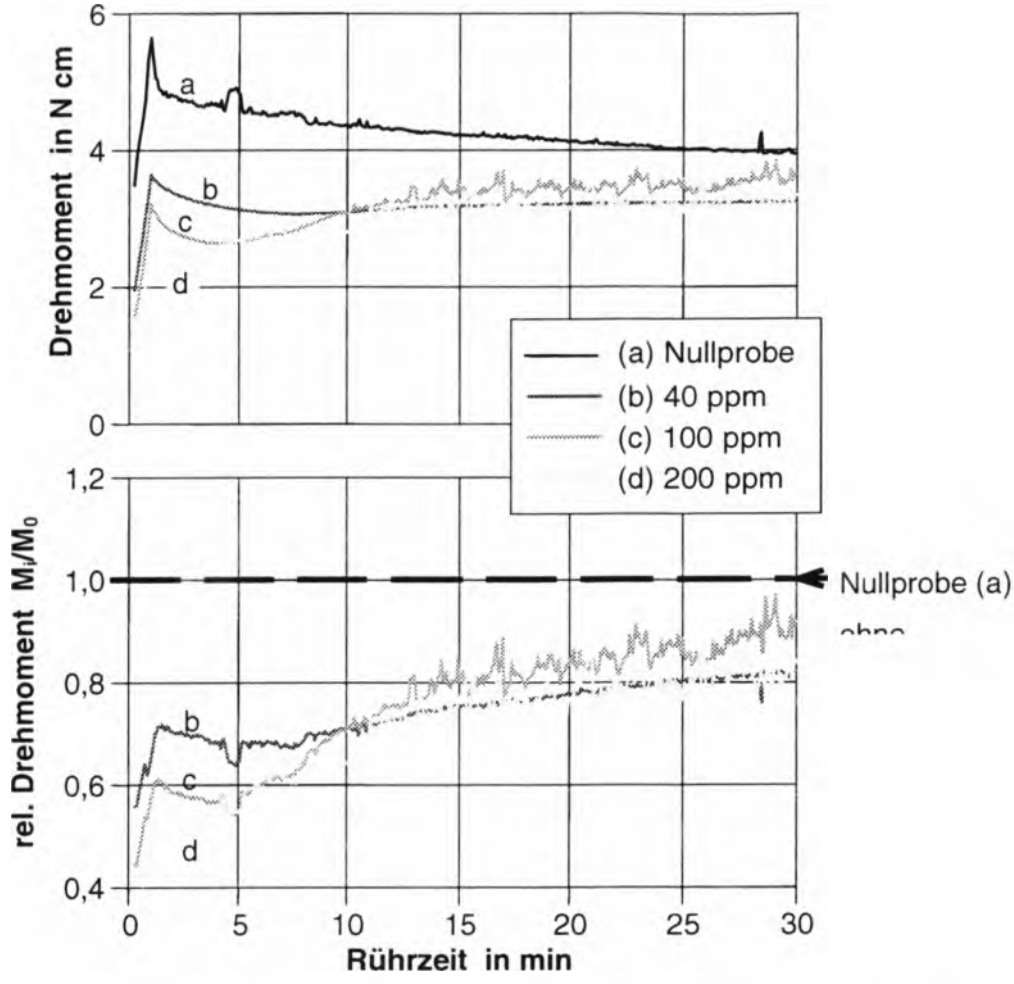


Abb. 1: Rührverhalten von Flüssigfutter aus gedämpften Kartoffeln, Weizen und Wasser
Mixing behaviour of liquid feed from boiled potatoes, wheat and water

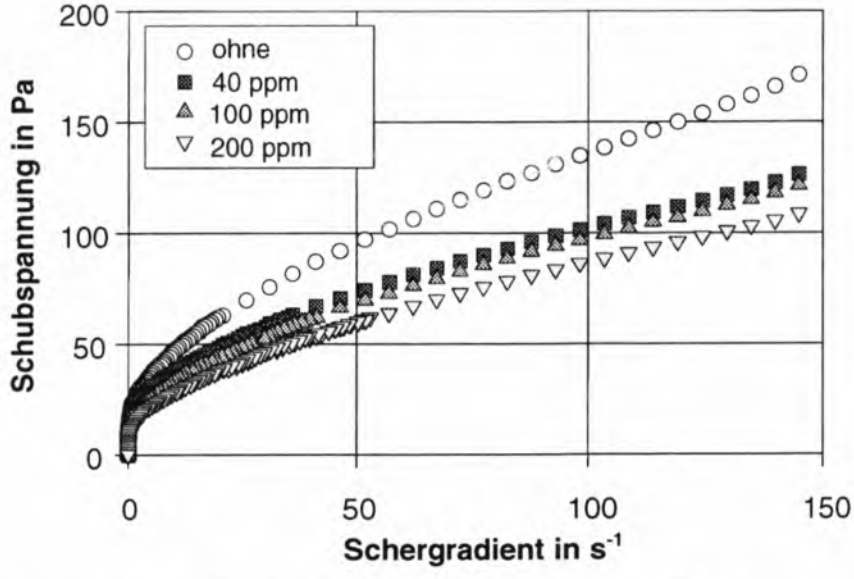


Abb. 2: Fließkurven von Flüssigfutter aus gedämpften Kartoffeln, Weizen und Wasser
Flow curves of liquid feed from boiled potatoes, wheat and water

Die anschließend gemessenen Fließkurven τ ($\dot{\gamma}$) sind in Abbildung 2 dargestellt. Rühr- und Fließkurven wurden mit der selben Stoffprobe aufgenommen, um Messfehler durch Umfüllen u. a. Manipulationen zu vermeiden. Daher bezieht sich das Fließverhalten auf den Strukturzustand nach 30 min Rührzeit. Der Effekt ist eindeutig und es ergibt sich eine Senkung der Viskosität (bei 150 s^{-1}) von etwa 20 %.

Es liegt hier ein sog. nichtlinear-plastisches Fließverhalten vor, d.h. es tritt eine Fließgrenze τ_0 auf. In Parallelmessungen mit anderen Rotationsviskosimetern und durch Vergleich mit gemessenen Rohrkennlinien am Förderversuchsstand im ATB kann man von hinreichend gesicherten Fließkennwerten ausgehen. Diese sind die Grundlage für Druckverlustberechnungen beim Rohrtransport und für die Pumpenauslegung. Für landwirtschaftliche nicht-Newtonsche Flüssigkeiten und Dickstoffe ist im ATB ein Rechenprogramm zur Anlagenplanung vorhanden, das auch für Gülle und Bioschlämme nutzbar ist.

4 Zusammenfassung

Futterenzyme werden seit langem in der Schweinefütterung eingesetzt. Neu ist die Zielstellung, die Viskosität von Flüssigfutter durch Zugabe von α-Amylase zu vermindern. Es wurden mit gleicher Messmethodik die wichtigsten in der Schweinefütterung eingesetzten Futterstoffe und Futtermischungen untersucht. Dabei wurden Rühr- und Fließkurven gemessen, miteinander vergleichen und bewertet. Die von BASF vermarktete α-Amylase *Natustarch*® bewirkt vor allem bei Flüssigfutter mit thermisch aufgeschlossener Kartoffelstärke eine deutliche Reduzierung der Viskosität.

The influence of α-amylase on the flow behaviour of liquid feed

HEINZL, WOLFGANG[1] AND MENO TÜRK[2]

[1] BASF Aktiengesellschaft, 67056 Ludwigshafen, Germany
[2] Institute of Agricultural Engineering Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany

Feed enzymes have been used for a long time in pig feeding. A new objective is the reduction of the viscosity of liquid feed by adding α-amylase. With the same measuring method the most important feed stuffs and feed mixtures for pig feeding were analysed. Mixing and flow curves were measured, compared and assessed. The α-amylase *Natustarch* marketed by BASF reduces the viscosity of liquid feed which is rich in starch.

Entwicklung einer automatisierten Konditionsfütterung für Sauen am Brei-Nuckel*

HESSE, ANDREA[1]; DIRK HESSE[1], FRANZ-JOSEF BOCKISCH[1],
ERHARD KALLWEIT[2] UND HERMANN HEEGE[3]

[1] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
[2] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Standort Mariensee, Institut für Tierzucht und Tierverhalten, Höltystraße 10, 31515 Neustadt
[3] Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Christian-Albrechts-Universität, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel

1 Problemstellung

Eine wirtschaftliche 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 zunehmend geforderten Gruppenhaltungssystemen wegen der fehlenden Fixierung der Sauen erschwert. Hinzu kommt, dass eine rein visuelle Konditionsbeurteilung oft Fehleinschätzungen unterliegt.

2 Aufgabenstellung

Es soll daher eine Technik entwickelt werden, die bei der Gruppenhaltung von Sauen eine rechnergestützte automatische Erfassung des Konditionszustandes mittels Speckdickenmessung durch Ultraschall ermöglicht. Ausgehend von den ermittelten Messwerten soll automatisch die Futtermenge dem Bedarf bzw. der Kondition des Tieres angepasst werden.

Um dies zu verwirklichen, sollte zuerst in einer Literaturrecherche geklärt werden, welche Aussagen die Speckdicke eines Tieres über dessen Konditionszustand liefert. Weiterhin galt es, ein für eine Automatisierung geeignetes Ultraschallmessgerät zu finden. Mit Hilfe von konventionellen Methoden der Speckdickenmessungen als Referenzsystem sollte für dieses Vorhaben ein optimaler Messpunkt ermittelt werden.

3 Material und Methode

Wichtig für jede Automatisierung ist die exakte Position des Tieres während der Messung. Der Brei-Nuckel bietet aufgrund seiner „freiwilligen Fixierung" der Tiere durch das Ausdosierrohr die besten Voraussetzungen für eine derartige Speckdickenmessung per Ultraschall. Im Gegensatz zur Trogfütterung können die Schweine am Brei-Nuckel ihre Körperhaltung während der Nahrungsaufnahme nicht entscheidend verändern. Voruntersuchungen fanden auf einem Praxisbetrieb mit 210 Zuchtsauen der Rasse Deutsches Hybridschwein statt. Dort wurde der Konditionszustand der Tiere ante partum und nach dem Absetzen visuell sowie per

* Zwischenergebnisse aus einem DFG-geförderten Projekt

Ultraschallmessung ermittelt. In der FAL Braunschweig wurden eigens zu Untersuchungszwecken 10 Sauen der Deutschen Landrasse eingestallt. In dem Institut für Tierzucht und Tierverhalten der FAL in Mariensee war es möglich, 24 Mastschweine mit einem Gewicht von ca. 100 kg mittels eines Magnet-Resonanz-Tomographen schichtweise abzubilden. An Hand von Schlachttierdaten konnten Aussagen über den Speckaufbau und die Messgenauigkeit der Ultraschallmessgeräte getroffen werden. Drei unterschiedliche Ultraschallmessgeräte wurden zur Ermittlung der Speckdicke eingesetzt. Dabei handelte es sich um zwei im A-Modus arbeitende Geräte (USM F22 der Fa. Krautkrämer, Renco-Leanmeater der Fa. Herberholz) und um ein B-Mode-Gerät (Curved-Transducer f = 5,0/7,5 MHz der Fa. Pie Data Elektronik).

Insgesamt konnten 4 unterschiedliche Messmethoden zur Erfassung des Rückenspecks ermittelt werden. In Anlehnung an die ZDS-Richtlinien für die Eigenleistungsprüfung (ADS 1983), wurde als Referenzwert die Speckdicke nach einer modifizierten Form der ABC 6-Methode erfasst: Hierbei werden zwei Hilfslinien angenommen - eine dorsal entlang der Elle und eine weitere dorsal entlang des Knies. Dann wird die Strecke zwischen den Hilfslinien gemittelt. Ausgehend von dem erzeugten Mittelpunkt (B), der 6-7 cm seitlich von der Wirbelsäule liegen muss, werden jeweils links und rechts ca. 15 cm entfernt die Punkte A und C markiert. Die insgesamt 6 Messpunkte ergeben sich, indem die Punkte ABC beidseitig am Schwein ermittelt werden.

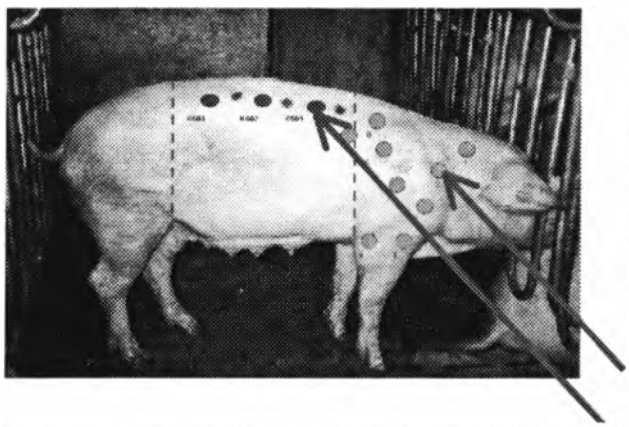


Abb. 1: Ultraschallmesspunkte / Ultrasound spots

Neben der modifizierten ABC 6-Methode wurden aus technischen Überlegungen zur Erleichterung einer Automatisierung 9 weitere Messpunkte - hauptsächlich im vorderen Schulterbereich - definiert, die auf ihre Tauglichkeit hin überprüft werden sollten (Abb. 1).

Die visuelle Konditionsbeurteilung erfolgte an Hand eines von der Züchtungszentrale Deutsches Hybridschwein GmbH entwickelten Punktesystems von 1–5 (1 = zu mager; 5 = zu fett).

4 Ergebnisse

4.1 Speckdicke als Konditionskriterium

Nach WHITTEMORE ET AL. (1980) ist neben der Masse (Gewicht) des Tieres dessen Rückenspeckdicke (P2-Messung) ein geeigneter Parameter zur Erfassung der Kondition. Nach DARNELEY (1980) ist eine über die Reproduktionszyklen relativ gleichbleibende Rückenspeckdicke das wichtigste Ziel der Sauenfütterung. Während der Laktation auftretende Verluste zwischen 1 und 5 mm müssen im Verlauf der nächsten Wartestallphase ausgeglichen werden. YOUNG ET AL. (1991) stellten fest, dass Sauen mit weniger als 12 mm Rückenspeckdicke nach dem Absetzen eine doppelt so hohe Abgangsrate haben wie Sauen mit mehr als 12 mm.

Von besonderer Bedeutung ist die Erfassung der Rückenspeckdicke für die Jungsauenfütterung. Nach AHERNE UND WILLIAMS (1992) sollten Jungsauen frühestens mit einem Körpergewicht von 115-120 kg und einer Rückenspeckdicke von 17-20 mm belegt werden. Nach diesen

Parametern gefütterte Tiere, die auch bei steigender Wurfzahl keine Körperreserven verloren, zeichneten sich mit durchschnittlich 9-10 aufgezogenen Würfen durch große Wirtschaftlichkeit aus. Sauen mit ausreichendem Rückenspeck haben eine aktivere Ovartätigkeit. Sie weisen eine erhöhte Anzahl an Tertiärfollikeln im Diöstrus und dominante Follikel im Proöstrus/Östrus auf. Daher erbringen Jungsauen mit einem etwas höherem Muskel-Speck-Verhältnis bessere Fruchtbarkeitsleistungen als Tiere mit sehr geringem Fettanteil im Körper (WÄHNER ET AL. 1995).

Bei fleischigen Tieren der modernen Hybridrassen wird das Speckdepot oft überschätzt. Insgesamt werden bei einer Konditionsbeurteilung mit dem Auge bis zu 25 % der Tiere falsch eingeschätzt (PAHLITZSCH 1997). Diese Aussage konnte durch eigene Untersuchungen bestätigt werden, bei denen sich eine Korrelation von 0,62 zwischen visueller Konditionsbeurteilung und Speckdickenmessung per Ultraschall ergab.

4.2 Ultraschallmessgeräte

Auswertungen der Tomographieaufnahmen und Schlachtkörperdaten ergaben hinsichtlich der Kriterien „Wiederholbarkeit der Messergebnisse" und „Messgenauigkeit" ein klares Votum für das USM 22F der Fa. Krautkrämer. Dieses Gerät erreicht eine ebenso hohe Messgenauigkeit wie das B-Mode-Gerät, ist aber erheblich preisgünstiger. Weiterhin überzeugte es in seiner Funktionssicherheit und Geräteausstattung (z.B. serielle Schnittstellen).

4.3 Optimaler Messpunkt

Das Ziel einen für die Automatisierung besonders günstigen Messpunkt im vorderen Schulterbereich zu finden, wurde nicht erreicht. Wegen einer gelegentlich vorkommenden Bewegungsaktivität der vorderen Extremitäten im Vergleich zum ruhenden Rückenbereich wurde die Ermittlung der Speckdicken dort erschwert. Hinzu kommt, wie an Hand von Schlachtkörperdaten nachgewiesen werden konnte, dass der Rückenspeck (Messpunkt A) den homogensten Aufbau besitzt und damit für eine Ultraschallmessung am besten geeignet ist (Abb. 2 und 3).

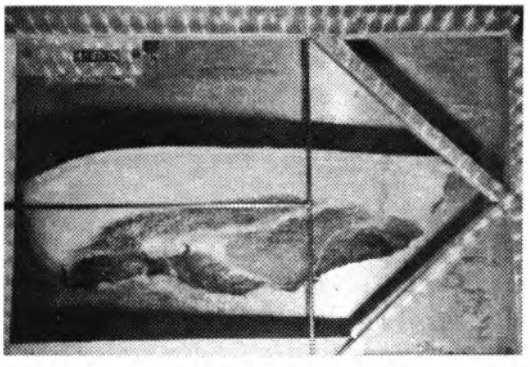


Abb. 2: Speckaufbau am Messpunkt 2
Fat layer at measuring spot 2

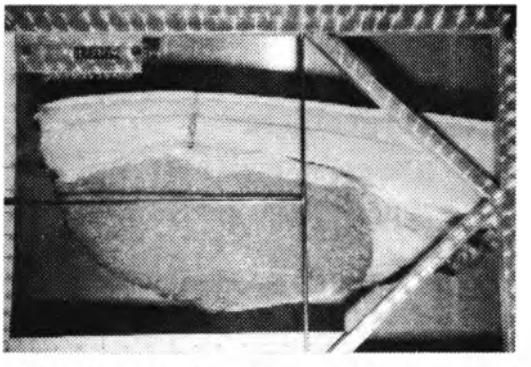
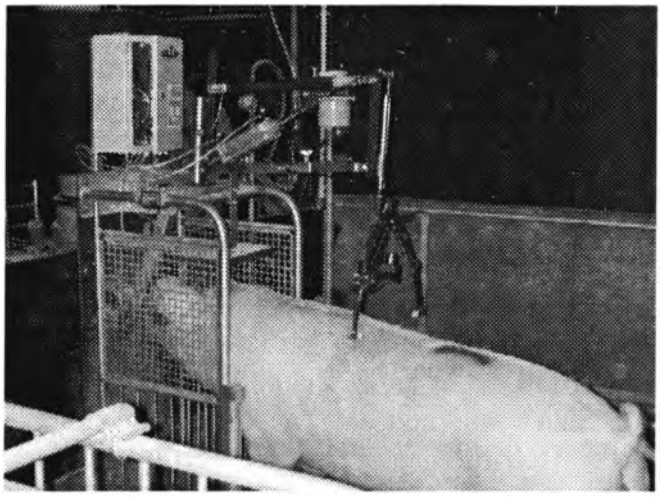


Abb. 3: Speckaufbau am Messpunkt A
Fat layer at measuring spot A

Literaturangaben zeigten, dass die Speckschicht im vorderen Rückenbereich vielmehr von äußeren Umständen wie Haltung und Fütterung abhängig ist als von genetischen Voraussetzungen. Tomographieaufnahmen, Schlachtkörperdaten, sowie Ultraschallmessungen lassen ebenso vermuten, dass es für eine automatisierte Konditionsbeurteilung ausreichend ist, eine

Messstelle im Bereich des Messpunktes A zu ermitteln. Auf Grund dieser Ergebnisse konnte ein Prototyp einer automatisierten Speckdickenmessung entwickelt werden (Abb. 4).



Zukünftig gilt es, diese Technik auf ihre Tauglichkeit hin zu prüfen und weiter zu entwickeln. Bis letztendlich von den ermittelten Messwerten ausgehend die Futtermenge dem Bedarf bzw. der Kondition des Tieres angepasst werden kann. Das Vorhaben soll dann auf diese Weise dazu beitragen, den Zielkonflikt zwischen der aus ethologischen Gründen anzustrebenden Gruppenhaltung von Sauen und den damit verbundenen Schwierigkeiten für die Fütterung auf optimale Zuchtkondition zu lösen.

Abb. 4: Prototyp einer automatisierten Speckdickenmessung am Brei-Nuckel
Prototype of an automated fat thickness measurement at the "Brei-Nuckel"

5 Literatur

Die Literaturliste kann bei den Autoren angefordert werden.

Development of an automated condition feeding system for sows at the Brei-Nuckel

HESSE, ANDREA[1]; DIRK HESSE[1], FRANZ-JOSEF BOCKISCH[1],
ERHARD KALLWEIT[2] UND HERMANN HEEGE[3]

[1] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany
[2] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Standort Mariensee, Institut für Tierzucht und Tierverhalten, Höltystraße 10, 31515 Neustadt, Germany
[3] Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Christian-Albrechts-Universität, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel, Germany

Economical piglet production requires a high reproduction rate of the sows. This again presupposes a precise determination and controlling of the condition of the individual sows. In order to minimise labour costs - especially in group housing systems - an automated condition feeding seems necessary. On the basis of the individual feeding system Brei-Nuckel it was investigated to automate the process of fat thickness measurement by means of ultrasonic. By magnetic resonance tomography images, carcass data and ultrasound measurements an optimal measuring point could be determined. For the future it is suggested to check and further develop this first prototype for its suitability as well as to develop an automatic adaptation of the feeding scheme.

Rohrautomaten für die Fütterung tragender Sauen

HOY, STEFFEN

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

1 Problemstellung

Nachdem bereits in den Niederlanden und in Dänemark gesetzliche Vorgaben zur Gruppenhaltung tragender Sauen existieren - wenn auch noch in Verbindung mit Übergangsfristen für bestehende Haltungsverfahren, muss auch in Deutschland in naher Zukunft mit Forderungen nach einer zumindest zeitweiligen Haltung von Sauen während der Trächtigkeit in Gruppen gerechnet werden. Da sich auch zukünftig die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Ferkelerzeugung nicht grundlegend verändern werden, müssen Haltungs- und Fütterungssysteme entwickelt werden, die preiswert in der Anschaffung und im Betrieb sind und eine sichere Funktion gewährleisten.

Tragende Sauen in Gruppenhaltung können bislang entweder

- computergesteuert tierindividuell (Abrufstation, Breinuckel, Flüssigfütterung)
- gruppenweise rationiert (Selbstfangfressstände, Dribbelfütterung, Quertrogfütterung) oder
- ad libitum zur freien Aufnahme gefüttert werden (Brei- oder Trockenautomat).

Als ein neues Fütterungssystem bieten sich Rohr(brei-)automaten an, die seit kurzem für die ad libitum-Fütterung eingesetzt werden, die bei Nutzung von Fressplatzteilern jedoch auch für die restriktive Fütterung tragender Sauen genutzt werden können.

2 Rohr(brei-)automaten für die Sattfütterung

Eine wesentliche Bedingung für die Anwendung der ad libitum-Fütterung tragender Sauen ist, dass Gesundheit und Leistung der Tiere nicht beeinträchtigt werden. Die Rohr(brei-)automaten können sehr variabel in verschiedenen Gebäudeformen und Buchtengeometrien für größere Sauengruppen (ab 12 bis 16 Sauen pro Gruppe) eingesetzt werden. Die Energiekonzentration des Futters muss auf deutlich unter 10 MJ ME/kg reduziert werden, damit die Sauen nicht zu fett werden. Dabei ergibt sich die praktische Schwierigkeit, dass erstens die Bedarfswerte, die von verschiedenen Autoren angegeben werden, sehr stark schwanken (im Extremfall z.B. für niedertragende Sauen von 27 bis über 40 MJ ME je Tier und Tag) und zweitens a priori schlecht abzuschätzen ist, wie viel Futter die Sauen täglich aufnehmen. Hinzu kommen große individuelle Unterschiede in der täglichen Futteraufnahme zwischen den Sauen. Es sollten quellfähige Rohfaserkomponenten eingesetzt werden, die eine schneller einsetzende bzw. länger anhaltende Sättigung bewirken. Dennoch wird bei einigen Sauen ein Luxuskonsum an Futter kaum zu verhindern sein. Auch besteht die Gefahr von Futterverlusten, wenn bei ständig vorhandenem Futterangebot im Vorratsbehälter Futter herausgewühlt wird. Gegenüber den Brei- oder Trockenautomaten besitzen die Rohrautomaten den Vorteil, dass ein synchrones Fressen von jeweils 4 Sauen möglich ist und dass bei einem Tier-Fressplatzverhältnis von 4 : 1 die Forderungen der Schweinehaltungsverordnung eingehalten werden.

Als Rohfaserträger kann anstelle von Trockenschnitzeln auch Stroh verwendet werden. Dazu muss das Stroh gemahlen werden, um im Gemisch mit den übrigen Rationsbestandteilen (Getreide, Mineralstoffgemisch) ein selektives Fressen der Sauen zu verhindern. Beim Einsatz von Strohmehl in Mengen von 25 bis 30 Prozent in der Ration tritt ein verzehrsbremsender Effekt ein, so dass die tägliche Futteraufnahme bei 3,1 bis 3,4 kg limitiert werden kann - allerdings bei vorhandenen großen individuellen Schwankungen. Auch die Struktur des Strohmehls hat offenkundig einen Einfluss auf die Futteraufnahme: Feines Strohmehl (Siebweite < 5 mm) wird besser aufgenommen als Strohmehl, das mit einem 5 mm-Sieb gemahlen wurde. Allerdings stellt die Herstellung des Strohmehles und der fertigen Mischung eine hohe Arbeits- und Staubbelastung dar. Derartige Futtermischungen mit einem Strohmehlanteil von ca. 25 % können nicht über die bisher auf dem Markt befindlichen Rohrbreiautomaten (für Mastschweine) verfüttert werden, da diese verstopfen. Daher wurde ein spezieller Rohrautomat entwickelt (HOY 2000), der ein 300 mm breites Rohr und einen 700 mm breiten Rundtrog mit einer Dosiereinrichtung besitzt. In Verbindung mit einer Kette im Rohr wird die Brückenbildung verhindert. Der Rohrautomat mit 4 Fressplätzen kann für 16 Sauen, mit Tränken im Trog auch für größere Sauengruppen genutzt werden, wenn gesichert ist, dass keine nachteiligen Auswirkungen auf Tiergesundheit und -leistung auftreten (HOY UND NIKLAUS 2000a, b).

3 Rohrautomaten für die rationierte Fütterung

Da gegenwärtig noch nicht ausgeschlossen werden kann, dass die ad libitum-Fütterung Nachteile für die Wurfleistung (auch die Lebensleistung) der Sauen und das betriebswirtschaftliche Ergebnis (höhere Futterkosten) hat, wurde die restriktive Fütterung von Sauen in Verbindung mit einem neuen Rohrautomaten entwickelt. Um die rationierte Futtervorlage bei einem Tier-Fressplatzverhältnis von 1 : 1 zu realisieren, sind seitliche Trennwände an den Einzelfressplätzen unbedingt erforderlich. In Abhängigkeit von der Größe der Sauen beträgt die Fressplatzbreite 50 bis 55 cm. Die auf dem Fußboden aufgedübelten Fressplatzteiler sollten eine Länge von 800 mm aufweisen, um ein Verdrängen fressender Sauen zu verhindern.

Die Rohrautomaten für die rationierte Fütterung können sehr flexibel in folgenden Varianten eingesetzt werden:

1. Single-Variante: frei stehender Automat mit 4 Fressplätzen; Nutzung in kleinen Gruppen (z.B. 8 Sauen), bei Einbau unmittelbar am Stallgang Handbefüllung möglich
2. Reihen-Variante: nebeneinander stehende Automaten mit je 4 Fressplätzen zum Einsatz in größeren Gruppen, wobei die Gruppengröße (z.B. 16, 20 ... 32 Sauen) eine durch vier teilbare Größe sein muss; Befüllung über Rohrkettenförderer und Volumendosierer mit manueller oder automatischer Auslösung
3. Radial-Variante: frei stehender Automat mit 6 Fressplätzen zum Einsatz in größeren Gruppen (12, 18 ... Sauen); Befüllung über Rohrkettenförderer und Volumendosierer mit manueller oder automatischer Auslösung.

Durch die Kombination von Reihen- und Radialvariante sind variable Gruppengrößen möglich. Überbelegungen müssen vermieden werden. Bei Unterbelegungen wechseln die Sauen auf die frei gebliebenen Fressplätze, um die dorthin ausdosierte Futtermenge zu fressen. Dies gleicht sich zwischen den Sauen von Mahlzeit zu Mahlzeit aus, da die Tiere keine „Stammplätze" besitzen. Die Handauslösung hat den Vorteil, dass der Landwirt bei der Fütterung der Sauen anwesend ist und zugleich eine Tiergesundheitskontrolle durchführen kann. Es ist zu empfehlen, Leistungsgruppen zu bilden und diese entsprechend unterschiedlich zu füttern. Das Fütterungsprinzip am Rohrautomaten ähnelt dem der Dribbelfütterung. Wenn eine Sau den

Dosiermechanismus bewegt, fällt Futter in etwa gleicher Menge in die anderen drei Trogviertel. Solange Futter im Rohr vorhanden ist, werden die Sauen in Erwartung dieser Futtermenge an dem jeweiligen Fressplatz biologisch fixiert. Werden genügend lange seitliche Fressplatzteiler verwendet, finden die Sauen sehr schnell nach dem Futterstart einen Fressplatz und werden von diesen während der Fütterungszeit auch kaum verdrängt, so dass annähernde Chancengleichheit der Futteraufnahme zwischen den Sauen einer Gruppe besteht. In größeren Buchten ist es möglich, die Bruttobuchtenfläche auf unter zwei Quadratmeter je Sau zu senken. Die Sauen legen sich eng zusammen, so dass relativ viel freie Fläche und eine strukturierte Bucht mit Fress-, Liege- und Kotplatz entsteht. Rangordnungskämpfe sind ca. 24 Stunden nach Einstallung der Sauen beendet. Für kranke Sauen müssen - wie bei allen Gruppenhaltungen - Einzelstände oder -buchten vorhanden sein.

Die Rohrautomaten für die restriktive Fütterung besitzen folgende Vorteile:

- flexibler Einsatz in verschiedenen Gebäuden und Buchten, auch in Altgebäuden und Außenklimaställen sowie bei verschiedenen Fußbodenvarianten (Schlitzboden- bis Tiefstreuhaltung)
- Verwendung betriebseigenen Futters möglich (Futter für tragende Sauen mit ca. 12,5 MJ/ME)
- Nutzung sowohl für kleine als auch große Gruppen von Sauen möglich
- Sauen müssen nicht angelernt werden
- durch Tier-Fressplatz-Verhältnis von 1 : 1 zeitlich synchrones Fressen der Sauen gegeben, und damit während der Fütterung gute Möglichkeiten der Tierbeobachtung und ggf. veterinärmedizinischer Behandlungen sowie Trächtigkeitskontrollen (falls erforderlich)
- Befüllung der Rohrautomaten von Hand oder per Rohrkette möglich
- vergleichsweise niedrige Investitionskosten für den Fressplatz (jedoch höhere als bei Sattfütterung)
- Vermeidung von Stress für die Sauen (wenig Kämpfe am Fressplatz)
- einfache Installation der Rohrautomaten, Selbsteinbau möglich
- keine Elektronik bei der Steuerung, geringe Störungsanfälligkeit
- Bildung von Leistungsgruppen bei entsprechender Buchtengröße möglich
- bei Ausfall der Rohrkettenförderung kurzzeitig Handbefüllung durchzuführen
- gruppenweises Umstellen möglich (alle Sauen einer Gruppe können - müssen jedoch nicht - das gleiche Trächtigkeitsstadium besitzen).

Demgegenüber sind nur wenige Nachteile zu nennen:

- keine individuelle Fütterung möglich
- Inanspruchnahme von 0,4 m^2 Buchtenfläche je Sau für den Fressplatz
- für kranke Sauen müssen Einzelbuchten oder -stände vorgesehen werden.

4 Fazit

Rohrautomaten sind ein neues Fütterungsverfahren bei der Gruppenhaltung tragender Sauen, die sehr variabel in verschiedenen Gebäuden, Buchtengeometrien und Gruppengrößen eingesetzt werden können, sich durch relativ geringe Investitionskosten auszeichnen und einfach installiert werden. Die Automaten können sowohl für die rationierte wie auch die ad libitum-Fütterung genutzt werden, jedoch muss bei der Sattfütterung sichergestellt sein, dass keine gesundheits- und leistungsbeeinträchtigenden Effekte auftreten.

5 Literatur

HOY, ST. (2000): Rationiert und preiswert zugleich. Neuer Rohrautomat für die Fütterung tragender Sauen. Dlz agrarmagazin 51, H. 11, S. 116-118

HOY, ST. UND H. NIKLAUS (2000): Rohrbreiautomaten auch im Sauenstall. Kostengünstige Alternative für den Wartebereich. Dlz agrarmagazin 51, H. 4, S. 130-133

HOY, ST. UND H. NIKLAUS (2000): Fütterung tragender Sauen an Rohrbreiautomaten. Landtechnik 55, H. 3, S. 248-249

Tube feeders for feeding of pregnant sows

HOY, STEFFEN

Department for Animal Breeding and Genetics, Justus Liebig University of Giessen, Bismarckstr. 16, 35390 Giessen, Germany

Tube feeders are a new feeding system in loose housing of pregnant sows characterized by flexible use in different buildings, pens and group sizes, low costs and simple installation.

Automates can be used both in rationed and ad libitum feeding. But, it has to be ensured that ad lib feeding does not effect health and performance of sows.

Gruppenhaltung von tragenden Sauen am Breinuckel (Fitmix)

JAIS, CHRISTINA

Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub, 85586 Poing

1 Einleitung

Der sog. Breinuckel (Fitmix) der Firma Mannebeck erlaubt durch eine elektronische Tiererkennung eine individuelle Kontrolle der täglichen Futtermenge von in Gruppen gehaltenen Sauen. Im Unterschied zum bekannten System der Abrufstationen werden fressende Tiere am Breinuckel nicht durch einen geschlossenen Fressstand gegen ihre Buchtengefährtinnen abgeschirmt. Verdrängungen vom Fressplatz sind daher möglich. Das Futter wird nicht aus einem Trog, sondern aus einem Rohr mit 80 cm Bodenabstand in vollständig durchfeuchteter, „breiiger" Konsistenz aufgenommen. Die Sauen müssen dazu das Rohrende ins Maul nehmen und gleichzeitig einen Bügel zurückschieben. Dadurch beginnt eine Förderschnecke im Rohrinneren zu laufen und bringt Futter aus einem Vorratsbehälter zum Tier. Im Vorratsbehälter wird Trockenfutter gelagert, Wasser wird erst entlang der Förderstrecke in Intervallen beigemischt. Futterdiebstahl ist ausgeschlossen, da eine Klappe das Futterrohr verschließt, sobald ein Tier den Fressplatz verlässt. Im Vergleich zur Abrufstation scheint der Breinuckel, für den Angaben zum Tier-Fressplatz-Verhältnis von 12:1 bis 20:1 schwanken, speziell geeignet für Betriebe, die Sauen in kleineren, stabilen Gruppen zwischen 10 und 40 Tieren halten wollen und bei denen daher eine herkömmliche Abrufstation nicht ausgelastet und mit hohen Investitionskosten je Sauenplatz belastet wäre.

Vorliegender Beitrag fasst die Ergebnisse mehrerer Untersuchungen zusammen, die folgende Fragen im Zusammenhang mit dem Einsatz des Breinuckels bei tragenden Sauen klären sollten: Wie gut akzeptieren die Tiere die Futtervorlage direkt aus einem Rohr? Wie verhalten sich die Tiere am Fressplatz? Wie wirkt sich das Fütterungssystem auf die Gruppe aus? Welches Tier-Fressplatz-Verhältnis ist maximal möglich, wenn je Gruppe nur eine Futterstation zur Verfügung steht?

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden am Staatlichen Versuchsgut Karolinenfeld von Januar bis August 2000 durchgeführt. Der Betrieb hält 200 Sauen der Rassen DL und DExDL. Im Wartestall stehen zwei Gruppenbuchten für je 10 Sauen bereit. In jeder Bucht befindet sich eine Breinuckelstation. Beide Buchten können durch Entfernen einer Trennwand zu einer großen Bucht für 20 Sauen vereinigt werden. Bei den Sauen handelte es sich um Tiere ab der zweiten Trächtigkeit, die alle erstmalig mit dem Breinuckel in Berührung kamen. Bisher wurden die tragenden Sauen in Kastenständen gehalten und zweimal täglich flüssig gefüttert.

Am Breinuckel steht Futter ganztägig zur Verfügung. Der Beginn des neuen Futtertages wurde im Betrieb auf 6 Uhr festgesetzt. Die Sauen wurden nach einer Futterkurve rationiert gefüttert und erhielten an den Beobachtungstagen alle 2,1 kg Trockenfutter. Beim Futter handelte es sich um eine Eigenmischung auf Getreidebasis mit einem Gerstenanteil von bis zu 70 %. Es wurde in Mehlform ausdosiert. Die Wasserzufuhr war so geregelt, dass das Futter mit etwa 45 % Trockenmasse bei den Tieren ankam. In der Anlernphase an die neue Technik wurde die

Steuerung auf „Hand" gestellt, so dass bereits ein weniger weites Zurückschieben des Futterhebels eine Futterförderung auslöste.

In drei Durchgängen wurden einmal 10 Sauen (Durchgang 1) und zweimal je 20 Sauen (Durchgang 2 und 3) an jeweils nur eine Breinuckelstation eingestallt. Die Buchtenfläche wurde an die Tierzahl angepasst. Das Verhalten der Sauen wurde einmal je Versuchsdurchgang, frühestens in der zweiten Woche nach dem Einstallen anhand von Videoaufzeichnungen über 48 Stunden beobachtet. Die Kontrolle über die täglich abgerufenen Futtermengen erfolgte anhand der von der Futterstation automatisch erstellten Verzehrsprotokolle.

3 Ergebnisse

3.1 Wie kommen die Sauen mit der Technik zurecht?

Ab dem Zeitpunkt des Einstallens dauerte es bei 10 Sauen in der Bucht drei Tage, bei 20 Sauen pro Gruppe eine Woche, bis alle Sauen, die grundsätzlich mit der Technik zurecht kamen, Futter abriefen. Während dieser Zeit musste die Futterförderung immer wieder vom Tierbetreuer betätigt werden, um die Sauen zu locken und um sie bei ihren ersten Versuchen zu unterstützen. Der Betreuer übernahm in dieser Lernphase auch den Schutz der fressenden Sauen, indem er herandrängende Sauen, die das Prinzip bereits beherrschten, von der Station fernhielt. Trotz dieses hohen personellen Engagements mussten seit Januar etwa 10 % der Tiere wieder ausgestallt werden, da sie nachhaltig (länger als eine Woche) an der Technik des Breinuckels scheiterten. Diese Sauen begriffen entweder nicht, wo am Breinuckel Futter ausdosiert wird und suchten statt dessen immer wieder am Boden, oder sie lernten nicht, dass und wie weit sie den Hebel zur Futterausgabe bedienen müssen.

3.2 Wie verhalten sich die Sauen am Fressplatz?

Durch die rationierte Fütterung erhielten die meisten Sauen weniger Futter, als sie bei freier Vorlage verzehrt hätten. Dadurch versammelten sich vor allem die ranghohen Tiere bereits etwa eine halbe Stunde vor Beginn des neuen Futtertages um 6 Uhr in Futtererwartung vor der Breinuckelstation. Solange kein Futter abgerufen werden konnte, kam es nur zu kurzen Besuchen und zu häufigem Tierwechsel in der Station.

Das Verhalten der Sauen am Fressplatz war in allen drei Durchgängen vergleichbar. Die nachfolgend in den Abbildungen dargestellten Ergebnisse stammen aus dem dritten Durchgang mit 20 Sauen an einer Breinuckelstation. Zusammenfassend lässt sich Folgendes aussagen: Nach Beginn des neuen Futtertages fressen die ranghohen Sauen zuerst. Sie können ihre Tagesration in einer oder wenigen Portionen abholen, da sie nicht oder nur selten beim Fressen gestört werden. Je geringer der Rang eines Tieres ist, desto länger muss es warten, bis es an die Futterstation treten kann und desto häufiger wird es wieder vom Fressplatz verdrängt. Insgesamt werden so mehr Besuche von jeweils kurzer Dauer nötig, um das gesamte Futter abzurufen. Sauen, die ihre tägliche Futtermenge bereits verzehrt haben, suchen trotzdem immer wieder die Breinuckelstation auf. Dabei verdrängen sie die gerade fressenden Tiere, wenn diese im Rang unterlegen sind. Im Durchschnitt besuchte jedes Tier in Durchgang 3 (20 Sauen) täglich 13,4mal die Breinuckelstation, dabei wurde bei 6,1 Besuchen Futter abgerufen, 7,3 Besuche erfolgten ohne Futteraufnahme. Jedes Tier belegte die Station täglich 41 Minuten lang, 31 Minuten mit sowie 10 Minuten ohne Futteraufnahme (Abb. 1). Damit war der Breinuckel 12,9 Stunden am Tag besetzt, davon aber 3,3 Stunden, ohne dass die jeweiligen Tiere Futter verzehren. Die Sauen fressen überwiegend während der Tageszeit. In der Mittagszeit, etwa zwischen 12 Uhr und 14 Uhr, ist ein Rückgang der Aktivität zu verzeichnen. Von etwa 18 Uhr bis

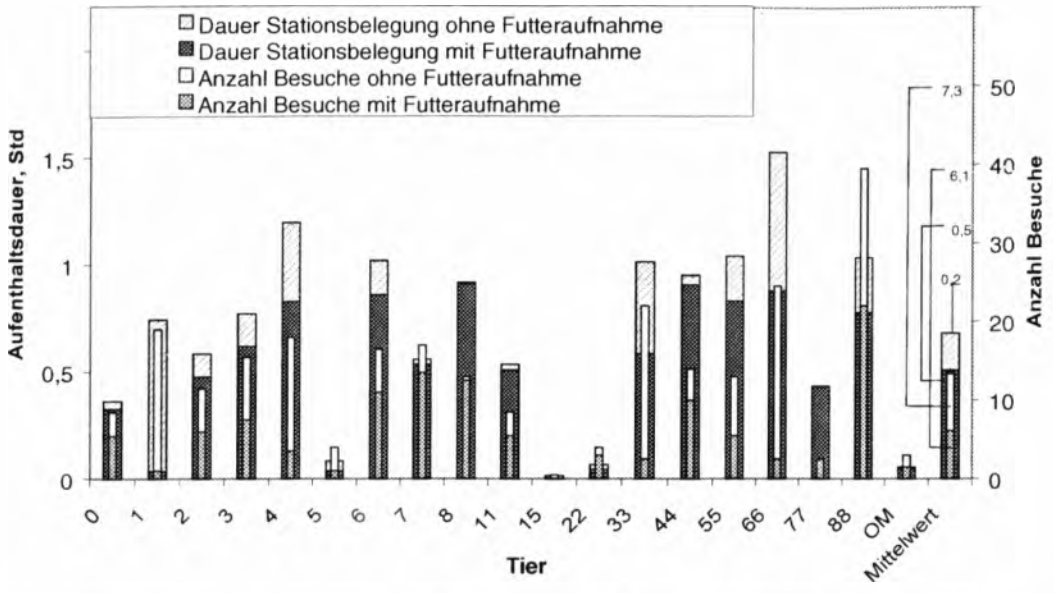


Abb. 1: Tägliche Gesamtaufenthaltsdauer und Besuchshäufigkeit der einzelnen Sauen am Breinuckel (Durchgang 3: 20 Sauen)
Daily frequency of visiting and total time spent at the Breinuckel of each individual sow (trial 3: 20 sows)

5 Uhr (vor Beginn des neuen Futtertages) halten die Tiere „Nachtruhe" mit nur noch wenigen Besuchen an der Futterstation (Abb. 2). Die Zahl der Besuche während dieser „Nachtzeit" nimmt mit steigendem Tier-Fressplatz-Verhältnis zu: Durchgang 3 42 Besuche, insgesamt 1,6 Stunden, Durchgang 1 acht Besuche, insgesamt 1 Stunde. Einige rangniedere Tiere rufen ihr Futter gezielt während der Nachtstunden ab. Trotzdem wird die Nachtruhe soweit aufrecht erhalten, dass selbst diejenigen Tiere, die in den Durchgängen 2 und 3 ihre Tagesfuttermenge nur zu weniger als 90 % abrufen konnten, die Zeit zwischen 18 Uhr und 5 Uhr nicht zum verstärkten Futterverzehr nützten. In Durchgang 1 konnten alle zehn Sauen ihre Tagesration Futter vollständig aufnehmen. In Durchgang 2 waren es dagegen nur 10 Tiere, in Durchgang 3 15 Tiere. Das optimale Tier-Fressplatz-Verhältnis, definiert als die Anzahl Sauen, die ihre Futterration vollständig verzehren können, liegt demnach bei maximal 15:1, wenn für eine Sauengruppe nur ein Breinuckel zur Verfügung steht. Individuelle Schwankungen, z.B. in Abhängigkeit vom Sauencharakter sind jedoch möglich. Solch eine Situation lag in Durchgang 2 vor, als ein Tier, das mit der Breinuckeltechnik nicht zurecht kam und kein Futter abrufen konnte, extrem häufig andere Sauen von der Station verjagte. Solche Situationen müssen unbedingt frühzeitig erkannt und behoben werden.

Das Verlassen der Breinuckelstation geschah in Durchgang 3 bei 20 Sauen in der Gruppe in 59 % der Fälle freiwillig, in 41 % der Fälle durch Vertreibung. Vertreibungen erfolgten durch bloßen Sichtkontakt, durch Abdrängen der fressenden Sau mit dem gesamten Körper sowie durch aggressive Aktionen (Kopfstoßen, Lautgebung, Schnappen). 50 % der freiwilligen Austritte gingen auf die nur vier ranghöchsten Sauen zurück. Unmittelbar nach dem Einstallen der Sauen treten Rangordnungskämpfe auf, aus denen alle Sauen mit meist oberflächlichen, gelegentlich aber auch mit tieferen Schrammen im Schulterbereich hervorgehen. Nach Ausbildung einer stabilen Rangfolge heilen diese Hautverletzungen wieder ab. Selten daueren solch heftige Auseinandersetzungen zwischen einzelnen Sauen länger an. Inwieweit die Fütterung am Breinuckel Auswirkungen auf Gesundheit und Produktionsleistung der Sauen hat, kann momentan aufgrund der noch zu knappen Datenbasis nicht beurteilt werden.

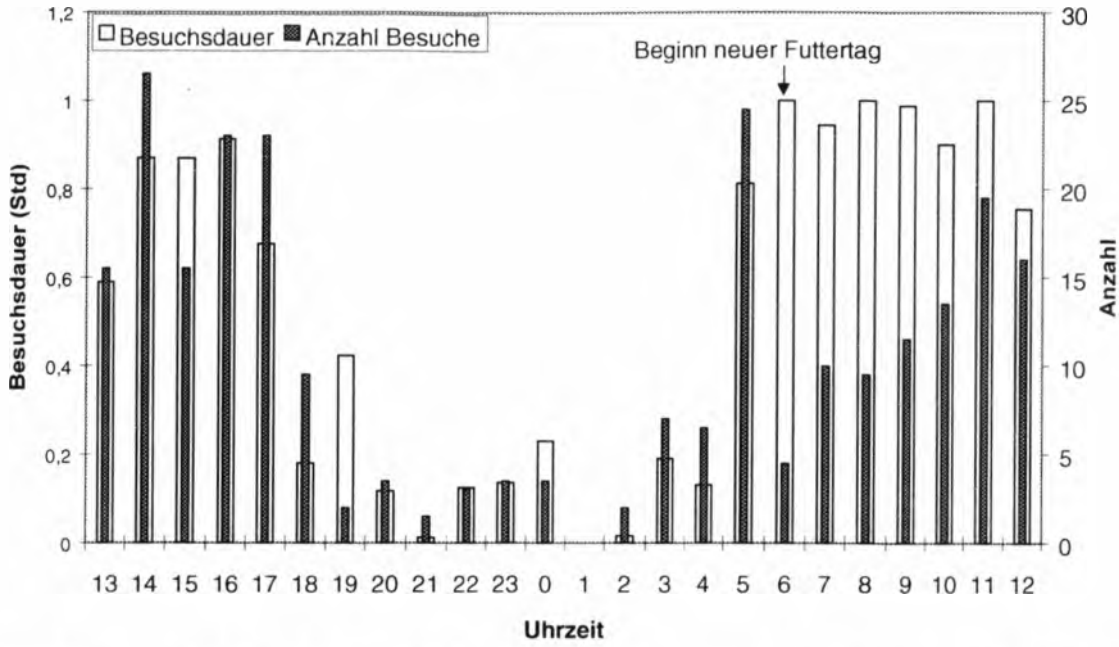


Abb. 2: Besuchshäufigkeit und Belegdauer des Breinuckels im Tagesverlauf (Durchgang 3: 20 Sauen)
Number of visits and time spent at the Breinuckel during 24 hours (trial 3: 20 sows)

Group housing of pregnant sows at the Breinuckel (Fitmix)

JAIS, CHRISTINA

Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub, 85586 Poing, Germany

The behaviour of pregnant sows kept at the Breinuckel, a feeding system with electronical identification of the animals, which allows to feed each animal an individual amount of food was studied in three trials, one with 10 and two with 20 sows per group. There was one Breinuckel-feeder per group. At the Breinuckel only one animal can get feeded at the same time, and there is no protection of the animal during feed intake. Sows with a high social position eat first, in only a few visits of long duration. The lower the social position, the more frequently the sow is chased from the feeder. The number of visits at the Breinuckel, necessary for complete feed intake rises while the timt spent at each visit declines. With 20 animals per group the average sow visited the Breinuckel 6.1 times and a total of 0,5 hours with feed intake and 7.3 times and 0.2 hours without feed intake. The feeder was occupied for 13 hours a day, but in 25 % of this time it was occupied by sows, which had already consumed there complete feed amount. At one Breinuckel there should not be kept more than 15 sows, unless some animals will not be able to consume their complete amount of feed. This maximum animal:feeder-ratio is influenced by the sows charakters. Rising the number of animals, the total number of visits at the feeder rises and the mean time spent at each visit declines. The sows rest in the night, so the activity at the Breinuckel is low during the night and also at noon. Even those animals, that had not yet consumed their total daily amount of feed did not use these hours with low activity for increased feed intake.

Untersuchung einer Infrarotstrahlungsplatte für den Ferkelaufzuchtstall

WEBER, MANFRED[1]; PETRA STENZEL[1], HEIKO GEORG[2] UND KARL-WILHELM HAAKE[2]

[1] Lehr- und Versuchsanstalt Iden, Lindenstraße 18, 39606 Iden
[2] FAL, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38118 Braunschweig

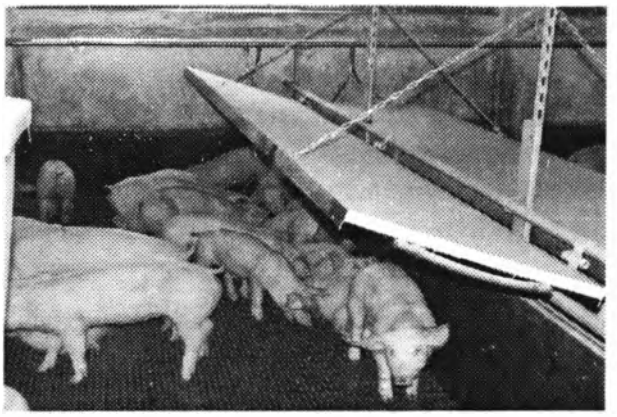
1 Einleitung

Die meisten zur Zeit neu gebauten Heizsysteme für Ferkel basieren auf dem Prinzip der Zonenheizung. Hierfür werden elektrische Infrarotlampen, Gasstrahler, Fußbodenheizungen und Ferkelkisten oder eine Kombination aus diesen eingesetzt. Mit diesen Systemen soll die Wärme unmittelbar im Liegebereich ans Ferkel herangebracht werden. Probleme bestehen bei den Infrarotlampen und den Gasstrahlern mit der Wärmeverteilung. Nur geringe Teile des bestrahlten Bereichs weisen optimale Temperaturen auf. In den Ferkelkisten ist der Überblick stark eingeschränkt. Mittlerweile hat sich ein neues System der Zonenheizung für den Abferkel- und Ferkelaufzuchtstall am Markt etabliert. Es handelt sich dabei um die sogenannte FISTA-Platte. Hier wird bei einer guten Übersichtlichkeit eine optimale Wärmeverteilung im Ferkelliegebereich versprochen. Hinzu kommt, dass wie beim Ferkelnest die Raumtemperatur deutlich unter der Liegeraumtemperatur gefahren werden kann. Nach Untersuchungen aus Haus Düsse (LÜCKER 2000) lassen sich mit diesem System bis zu 30 % Energie gegenüber konventionellen Systemen einsparen. Diese Aussagen waren für uns Grund genug das System zu untersuchen.

2 Material und Methoden

2.1 Das System

Das hier untersuchte System Fista-Platte stellt im Grunde eine Flächenheizung zur Erwärmung des Ferkelnestes und der Ferkelliegefläche im Ferkelaufzuchtstall von oben dar. Die Abdeckplatte besteht in beiden Fällen aus einer hochwärmeleitfähigen Aluminium-Warmwasser-Strahlungsplatte mit einer 25 mm dicken Styrodur-Isolierschicht (Abb. 1). Die Unterseite der Strahlungsplatte ist eingeschwärzt, um sich das physikalisch-technische Prinzip des „schwarzen Strahlers" zu Nutze zu machen. Dies bedeutet nichts anderes, als dass das vom warmen Wasser aufgeheizte und nach unten geschwärzte Aluprofil in erster Linie infrarote Strahlung auf die darunter liegenden Ferkel abgibt. Die abgegeben Strahlung und damit die Temperatur im Ferkelnest bzw. auf der Ferkelliegefläche wird über die Vorlauftemperatur des durchströmenden Wassers geregelt. Die Platten besitzen eine Tiefe von 60 cm, wobei dazu zwei Aluminiumprofile von 25 cm Breite über Stege verbunden sind. Sie sind in einer Höhe von 70 cm über Spaltenboden angebracht. Der Hersteller gibt eine Wärmeleistung von 300 W pro laufendem Meter an.



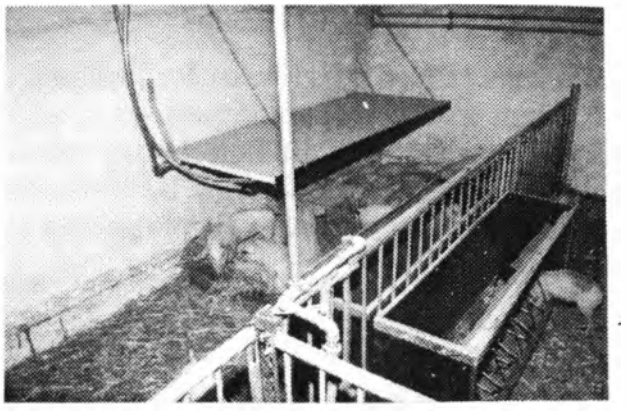


Abb. 1: Fista-Platte im Bild / Pictures of the Fista-Platte

2.2 Messung der Wärmeverteilung

Zur Messung der Wärmeverteilung wurde die Infrarotkamera „Varioscan 3011" eingesetzt, die in einem Temperaturbereich von –40 bis +1200 °C mit einer Temperaturauflösung von ±0,03 K misst. Das Gesamtbild setzt sich aus 300 Pixel pro Zeile und 200 Zeilen pro Bild, also 60 000 Messstellen zusammen. Gemessen wurde jeweils auf einer nach unten hin isolierten Fläche mit den Maßen 1 x 1,2 m. Diese PU-Platte wurde unter die Fista-Platte geschoben von oben fotographiert. Als Parameter in die Auswertung eingeflossen sind der Mittelwert, die Standardabweichung, Minimum und Maximum.

2.3 Messung des Temperaturverlaufs

Zur Messung des Temperaturverlaufs über die Zeit unterhalb der Fistaplatte kamen sowohl die Infrarotkamera „Varioscan 3011" wie auch das Infarotthermometer TM 908 zum Einsatz. Über einen Zeitraum von ca. einer halben Stunde wurden mit der Infrarotkamera alle 2 Minuten und mit dem Infrarotthermometer jede Minute eine Messung durchgeführt, wobei es sich beim Thermometer um den Mittelwert eine Fläche von ca. 6 cm² handelt.

2.4 Aussagen zum Liegeverhalten der Ferkel

Hier liegt nur eine erste Voruntersuchung vor. Dabei wurde während einer Phase von 2 Stunden im Abstand von 3 Minuten die ruhenden Ferkel unter der Platte auf der Liegefläche und im übrigen Raum gezählt. Der angebotene Liegeplatz unter der Platte betrug 0,065 m² pro Ferkel. In der Bucht befanden sich 48 Ferkel.

3 Ergebnisse

3.1 Wärmeverteilung

Die Wärmeverteilung unter der Fistaplatte ist in Abbildung 2 dargestellt. Hierbei ist zu sagen, dass der mittlere Bereich aus der Auswertung herausgenommen wurde, da dort zur Orientierung ein Holzstab, der wiederum einen Strahlungsschatten geworfen hat, aufgelegt wurde. Die beiden Restflächen zeigten bei einer Solltemperatur von 28 °C Mittelwerte von 28,3 und 28,4 °C. Die Standardabweichung über die hohe Anzahl von Messwerten lag bei jeweils 0,6. Damit hat sich zweifelsohne eine sehr gute Wärmeverteilung im Liegbereich der Ferkel bestätigt. Dies macht auch die homogene Farbgebung der Infrarotaufnahme deutlich. Obwohl die Fista-Platte nur eine Tiefe von 60 cm aufweist, ergab sich für den optimal temperierten Liegebereich eine Tiefe von 90 cm.

3.2 Temperaturverlauf

Zum Erreichen der optimalen Bedingungen in der Ferkelaufzucht ist aber nicht nur die gute Temperaturverteilung auf der ganzen Liegefläche notwendig, sondern auch die Beibehaltung der Temperatur über die Zeit. Dies wurde in zwei Versuchen überprüft. Im ersten Versuch, hierbei handelt es sich um Mittelwerte und Standardabweichungen aus Flächenmessungen mit der Infrarot kamera, stellten sich folgende Ergebnisse heraus:

Die 15 Mittelwerte schwanken nach einer kurzen Aufwärmphase um die eingestellten 27,5 °C (max 28,2; min 25,8) geringfügig. Wobei die Standardabweichungen innerhalb einer Messung zwischen 1,1 und 1,7 liegen.

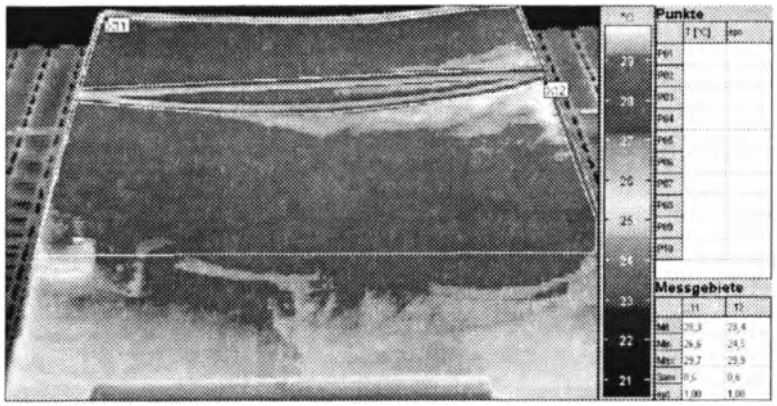


Abb. 2: Wärmeverteilung unter der Fista-Platte (Infrarotmessung)
Distribution of temperature in the sleeping area of piglets (Infrared measurement)

Im zweiten Versuch (Abb. 3) wurde mit dem Infrarotthermometer eine Messstelle über 40 Minuten fixiert und minütlich abgelesen. Zudem wurde der ermittelte Wert mit dem auf dem Lüftungscomputer angegebenen Wert verglichen. Wie in der Abbildung zu sehen ist, schwankt die Temperatur zyklisch (bedingt durch eine gewisse Regelungsträgheit) um die avisierten 28 °C im Bereich 26 bis 30 °C.

Man kann also insgesamt von einer akzeptablen Temperaturverteilung über die Zeit sprechen.

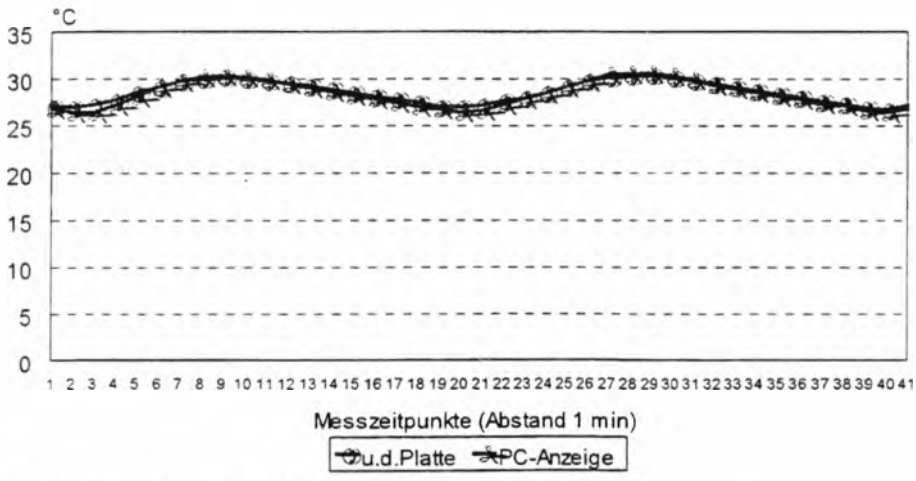


Abb. 3: Verlauf der Temperatur im Liegebereich der Ferkel
Course of temperature in the sleeping area of piglets

3.3 Liegeverhalten

Wie man aus Abbildung 4 erkennen kann, haben alle Ferkel die von oben beheizte Liegefläche als solche angenommen und diese nur zur Fütterungszeit verlassen. Eine Ausdehnung der Messung über mehrere Tage und eine Auswertung nach ethologischen Grundsätzen ist sicherlich notwendig um abgesicherte Ergebnisse zu erhalten, die angegebenen Zahlen geben aber genau die Erfahrungen mit diesem System an der LVA Iden wieder.

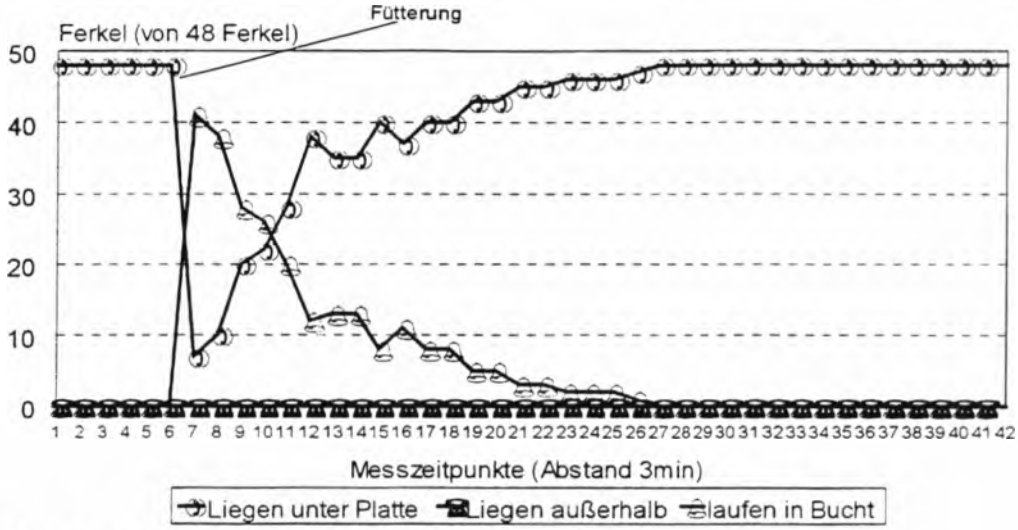


Abb. 4: Ruhezonen der Ferkel / Sleeping areas of piglets

4 Zusammenfassung

Die Fista-Platte bietet sowohl aus räumlicher wie aus zeitlicher Sicht sehr gute Bedingungen zur Temperierung des Ferkelliegebereichs. Dies ist besonders auch am Liegeverhalten der Ferkel zu erkennen.

5 Literatur

ARDEN, M.: Ställe mit unsichtbaren Strahlen heizen. Top agrar, 2000, H. 11

LÜCKER, H.-J.: Energieverbrauch kann sich sehen lassen. Top agrar, 2000, H. 11

WEBER, M. UND P. STENZEL: Neuartiges Heizungssystem für Ferkel. DGS, 2000, H. 5

Investigation of a new heating system based on radiation heat for piglets

WEBER, MANFRED[1]; PETRA STENZEL[1], HEIKO GEORG[2] AND KARL-WILHELM HAAKE[2]

[1] Lehr- und Versuchsanstalt Iden, Lindenstraße 18, 39606 Iden, Germany

[2] FAL, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38118 Braunschweig, Germany

In most cases of building und reconstruction of piglet houses the heating system will be a zone-heating system. In our investigations we try to test a new one that based on radiotion heat. This system covers the sleeping area of the piglets. We showed that the distibution of temperatur by room and time is high acceptable for piglets.

Heat consumption structure at large farrow-to-finish pig farm

KUCZYNSKI, TADEUSZ, KATARZYNA PRZYBYLA AND MARZENA JASIEWICZ

Department of Environmental Engineering, Technical University of Zielona Góra, 65246 Zielona Góra, Poland

1 Brief farm description

The analyzed farrow-to-finish pig farm is located at Bieganow, Poland, close to Polish-German border about 60 km north-west from Zielona Góra. Its average production is 45 000 hogs per year. All in - all out system is being used at the farm. Piglets are weaned at the age of 3 weeks and moved to the nurseries when they stay for another 7 weeks. 10 week old nursery pigs are moved to finishing department where they stay until they reach about 110 kg. The designed air temperature at farrowing is set to 22 °C, The temperature at nurseries is set to 28 °C for first two weeks being lowered by 2 °C each week until it reaches 20 °C. Until 1994 the finishing departments were only heated at the time of bringing animals from nurseries to keep the temperature at the level of 22 °C for first few days. Since 1995 the air temperature at finishing has been set to 22 °C for first two weeks at finishing then lowered to 20 °C at which level it remained to the end of production cycle. Animal health and high feed prices in Poland were the main reason behind relatively high design air temperatures at the farm departments.

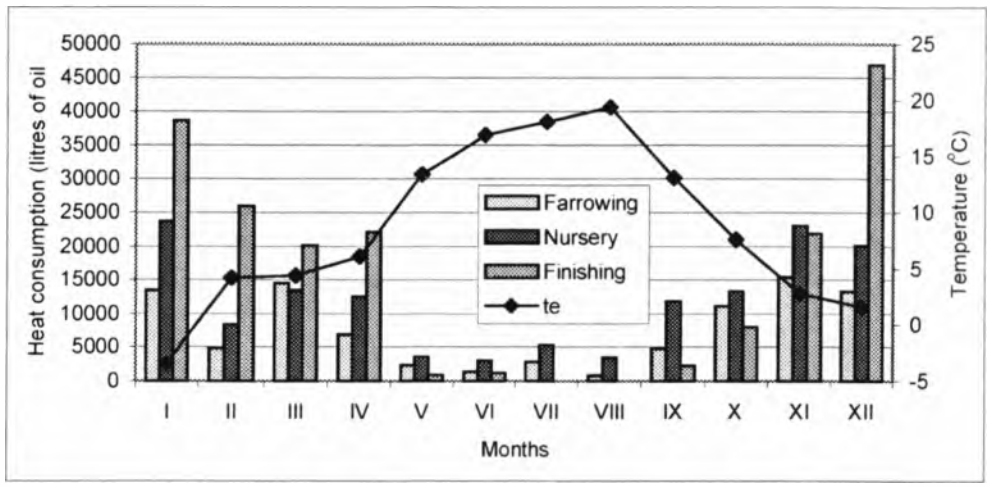
The farm was built in early seventies with typical by that time construction system based on reinforced concrete structures with exempt for nurseries which were built in 1987-88. The walls of production buildings were additionally insulated in the late eighties to the U - value level of about 0,7 W/m^2K. At nurseries the U - value for the walls is 0,5 W/m^2K The thermal insulation of suspended ceiling in most of the farm buildings were two 5 cm layers of mineral wool supported by asbestos - cement panel with additional 0,25 mm polyethylene foil. Modernization of ceilings in farrowing buildings carried out in 1995 shown that the insulation was to large extent destroyed and effective value U - value was probably not better than 0,8 - 1,0 W/m^2K. At nurseries special ventilation system with air inlet through "breathing ceiling" was employed with approximately U - value at about 0,2 W/m^2K.

Production buildings at the farm were heated by large 130 KW DANTHERM oil space heaters located typically between two adjacent departments with possibility to reduce heating level for one of the departments only by shutter operation. All heaters were controlled by simple heat on - heat off thermostats located in the room with higher heat requirements. The ventilation level in all departments was originally adjusted manually according to subjective feelings of farm workers usually in relation to animal age its health status, weather conditions, etcetera. At late nineties the fans working at finishing were equipped with simple switch on - switch off thermostats with no integration with heaters thermostats. Ventilation systems at farrowing departments were totally modernized in 1997-98 with introducing system of ceiling (winter) air inlets and wall (summer) air inlets fully synchronized with air volume being exhausted by fans. Ventilation was equipped with 5 steps thermostat controllers with first step used for heating and ventilation integration. Large heaters were replaced by much smaller ones (two for each room).

2 Heat consumption structure at the farm departments in 1997

The relation between average outside air temperature and heat energy consumption in farrowing, nursery and finishing departments in each month of 1997 has been shown at figure 1.

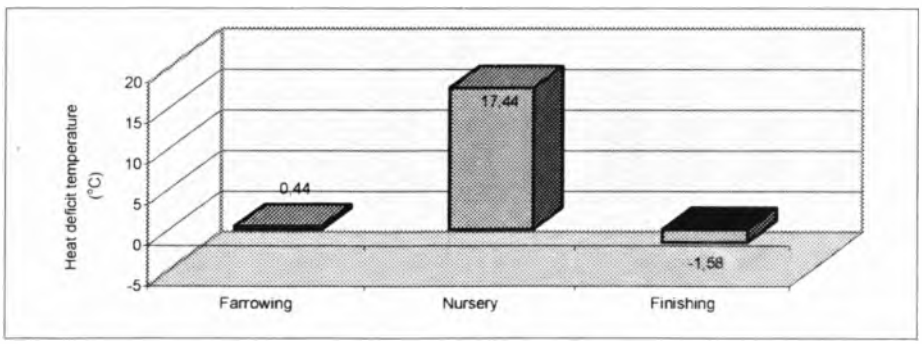
Fig. 1: Monthly oil use at the farm departments in 1997 v. average outside air temperature



As figure 1 illustrates there were significant incostincencies between oil consumption at all analyzed farm departments and the average outside air temperature. The January was the coldest month of the year with average outside temperature -3,5 °C. Significantly more oil at finishing was used in December however when the temperature was over 5 °C higher. At farrowing more oil was used in March with average temperature almost 8 °C higher. Oil consumption at nursery in March was 1,6 and at farrowing 3 times higher than in February whereas the average outside temperature at these two months were almost the same. These are only some of many incostincencies found between oil consumption and outside temperature.

A model for estimating yearly heat consumption for all farm departments, based on a variable-base degree-days method, was developed. The resulting heat deficit temperatures for farm departments are shown in figure 2. Analysis of the data given at figure 1 shows that oil was used even when outside temperatures exceeded heat deficit temperature by 10 - 15 °C.

Fig. 2: Heat deficit temperatures for farm departments



3 Heat consumption at the farm departments in 1992 - 2000

A good way to identify the most important reasons responsible for inappropriate and excessive oil consumption is to study the historical developments of introducing some technical measures which were to reduce heat consumption and to compare them with the results achieved.

In the figures 3, 4 and 5 yearly heat consumption in the period of 1992 - 2000 at farrowing, nurseries and finishing has been illustrated with the time of introducing technological or technical changes at particular departments (oil consumption for the 2000 was prognosed on the basis of first 9 months of the year).

Fig. 3: Oil consumption at farrowing departments in years 1992 - 2000

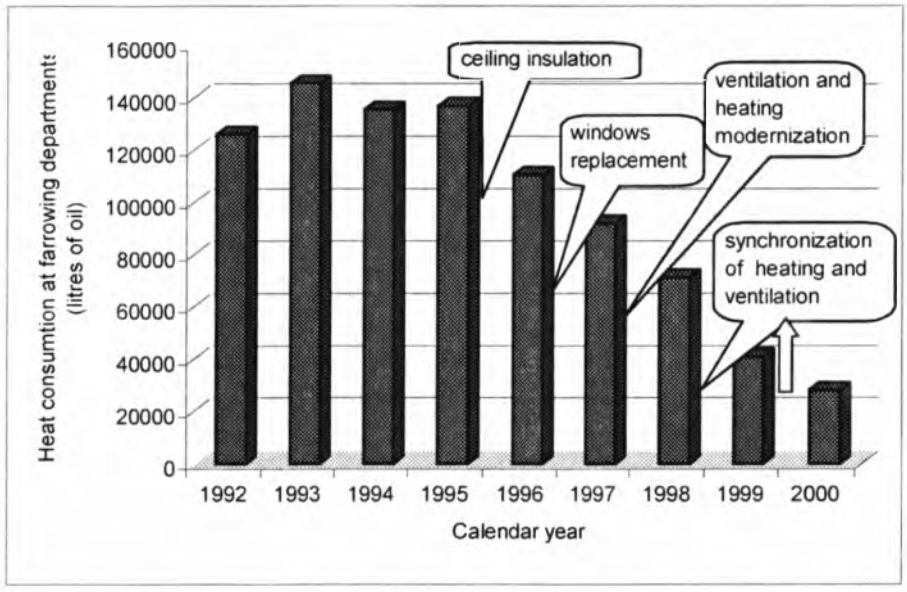


Fig. 4: Oil consumption at nursery departments in years 1992 - 2000

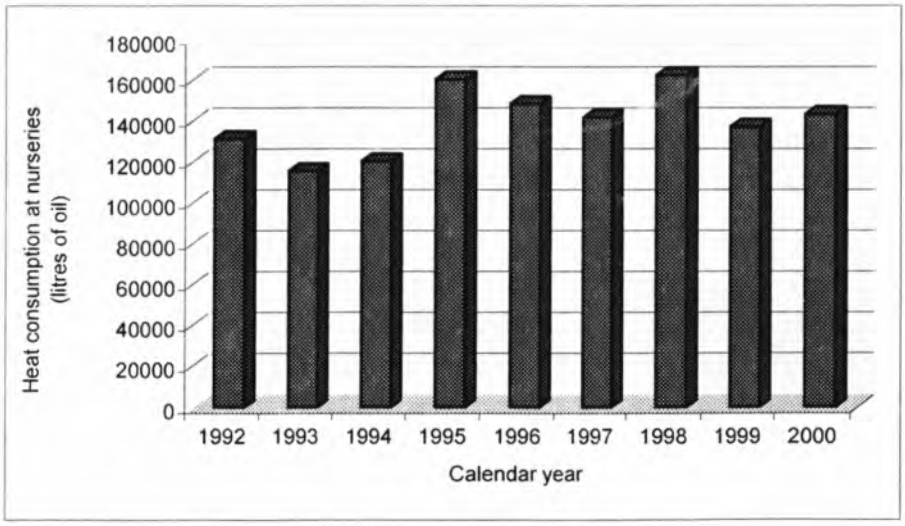
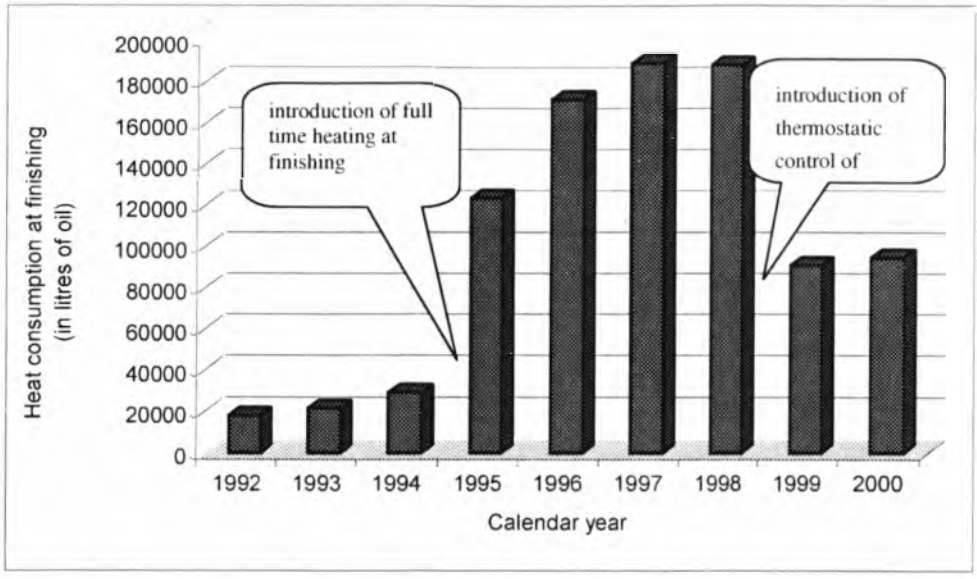


Fig. 5: Oil consumption at finishing departments in years 1992 - 2000



The analysis of yearly heat consumption at various farm departments shows that efficient heating energy use at the farm can be only achieved with the system approach which combines improving envelope thermal insulation and tightening, correct heating and ventilation equipment selection, sizing and positioning and what seems to be particularly important, adequate control system which allows for precise and reliable integration of ventilation and heating systems in the buildings with assumption that ventilation system provides the minimum air exchange necessary to keep animals in good health. The analysis of data was not complete since neither inside air temperature nor its humidity were recorded.

4 Summery

One of the most important reasons for poor economical efficiency of pig and poultry production is excessive heat consumption. The data on actual yearly heat consumption at a large farrow-to-finish operation for the years 1992 - 2000 has been presented in the paper. The problems with structure of energy use as well as the reasons behind them were discussed in the paper. Heat consumption at the farm was not always clearly dependent on outside temperature level nor was it consistent with stage of production, i.e. farrowing, weaning, growing, finishing. The analysis of farm buildings envelopes, ventilating and heating systems, specific technological procedures and activities used at all farm departments suggests that inappropriacies in various aspects of heating and ventilating systems control were mostly responsible for excessive heat consumption at the farm.

Einfluss der Strukturierung des Liegebereichs einer Gruppenauslaufhaltung auf das Verhalten der Pferde

POLLMANN, URSULA

Fachbereich Ethologie und Tierschutz, Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg, 79108 Freiburg

1 Einleitung

Die Haltung von Pferden in Gruppen ersetzt zunehmend die Einzelhaltung in Boxen. Diese Entwicklung ist aus der Sicht der Ethologie und des Tierschutzes grundsätzlich sehr zu begrüßen. Bei der Gruppenhaltung von Pferden muss jedoch in besonderem Maße darauf geachtet werden, dass alle Tiere ihre Grundbedürfnisse befriedigen können. Neben der ungestörten Futteraufnahme muss vor allem ein angemessenen Ruheverhalten für jedes einzelne Pferd der Gruppe sichergestellt werden. Hierbei spielt neben der sorgfältigen Zusammensetzung der Gruppen auch die Haltungseinrichtung eine wesentliche Rolle. Zur Gestaltung des Liegebereichs von Gruppenauslaufhaltungen bestehen derzeit zwei verschieden Konzepte: während einerseits häufig großräumige Liegehallen angeboten werden, bevorzugen einige andere in kleinere Parzellen eingeteilte Liegebereiche. Welchen Einfluss die Strukturierung des Liegebereichs auf das Verhalten der Pferde hat, wurde im Rahmen eines Pilotprojektes untersucht.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchung wurde in einer Gruppenauslaufhaltung mit 35 Pferden verschiedener Rasse, Alters und Geschlechts durchgeführt. Die Haltungseinheit bestand aus einer Liegehalle (10 x 22,5 m) mit 7 Türöffnungen an einer der Längsseiten, einem mehr als doppelt so großen planbefestigten Auslauf mit 2 Rundraufen zur ad libitum Raufutteraufnahme und einem mit Hackschnitzel bestückten Bereich im Auslauf. Ein Teil der Pferde hatte Zugang zu Kraftfutter über eine Transponderanlage im Auslauf.

Die Untersuchung wurde in der Zeit vom 02.12. bis 13.12.1999 (SA: 7.30 Uhr, SU: 16.45 Uhr) in der Liegehalle durchgeführt. Es wurde eine Videoüberwachungsanlage mit 4 Kameras und 3 Infrarotleuchten installiert. Das Verhalten der Pferde in der Liegehalle konnte damit über 24 Stunden aufgenommen werden. Um den Einfluss der Strukturierung des Liegebereichs zu erfassen, wurde das Verhalten der Pferde zunächst über 4 Tage ohne Struktur, anschließend über 4 Tage mit 2 Viereckgroßballen (B:250 x T:120 x H:90 cm) und über weitere 4 Tage mit 2 mal 2 Viereckgroßballen (B:250 x T:120 x H:180 cm) aufgenommen. Die den Pferden uneingeschränkt zur Verfügung stehende Grundfläche in der Liegehalle war ohne Struktur 217 qm (6,2 qm pro Pferd) und mit Struktur 211 qm (6,0 qm pro Pferd).

Ausgewertet wurden von jeder Anordnung (ohne Struktur, 2x1 Ballen, 2x2 Ballen) 2 mal 24 Stunden, wobei jeweils der erste Tag nach der Umstellung auf eine andere Anordnung nicht in die Auswertung einging. Im time-sampling-Verfahren (5 Minuten Intervall) wurden 16 verschiedene Verhaltensweisen erfasst und daraus Mittelwerte pro Stunde berechnet.

Jedes Abliegen der Pferde wurde wie folgt erfasst (Auswertung in Minuten):

- Gesamtdauer der Liegephase = Brustlage und ggf. Seitenlage(n) (GLZ)
- Gesamtdauer des Liegens in Seitenlage während einer Liegephase (GSL)
- Dauer der einzelnen Seitenlagephase (ESL).

3 Ergebnisse

Die Gesamtzahl an Pferden im Liegereich erreichte bei der Strukturform 2 mal 2 Ballen im Mittel über 48 Stunden mit 44,9 % der insgesamt in der Gruppenauslaufeinheit vorhandenen Pferde ihren höchsten Wert. Bei der selben Strukturform wurde mit 47,4 % auch der diesbezüglich höchste Stundenmittelwert erfasst.

Sonstiges Verhalten außer Ruhen, insbesondere das Merkmal Fressen, trat mit zunehmender Struktur im Liegebereich vermehrt auf.

Die mittleren Liegezeiten über jeweils 48 Stunden bei verschiedener Struktur sind in Tabelle 1 dargestellt. Während sich die Gesamtliegezeit pro Liegephase mit zunehmender Strukturierung nicht veränderte, war eine Zunahme von sowohl der Gesamtseitenlage pro Liegephase als auch der Einzelphasen in Seitenlage festzustellen. Mit Struktur stieg der Prozentsatz der Liegephasen mit Seitenlageanteil an (ohne Struktur: 34 %, 2 mal 1 Ballen: 44 %, 2 mal 2 Ballen: 37 %).

Tab. 1: Mittlere Liegezeiten über jeweils 48 Stunden ohne und mit Strukturierung der Liegefläche
Average times for lying up and lying on the side over 48 hours in a different structured rest area

Merkmal	ohne Struktur	2 x 1 Strohballen	2 x 2 Strohballen
GLZ Gesamtdauer der Liegephase (Minuten)	n: 196 MW: 24,63 Std.Fehler: 1,31	n: 185 MW: 24,19 Std.Fehler: 1,44	n: 200 MW: 25,24 Std.Fehler: 1,68
GSL Gesamtseitenlage pro Liegephase (Minuten)	n: 67 MW: 9,18 Std.Fehler: 0,95	n: 82 MW: 10,50 Std.Fehler: 1,26	n: 74 MW: 13,80 Std.Fehler: 1,87
ESL Einzelphase in Seitenlage (Minuten)	n: 124 MW: 4,96 Std.Fehler: 0,40	n: 159 MW: 5,42 Std.Fehler: 0,33	n: 149 MW: 6,85 Std.Fehler: 0,58

Aus den Daten der Tabelle 1 lassen sich die folgenden mittleren Liegezeiten pro Pferd und Tag berechnen:

Gesamtliegezeit: 69 Minuten (4,8 % des Tages) ohne Struktur,
63 Minuten (4,4 % des Tages) mit 2 mal 1 Ballen und
73 Minuten (5,1 % des Tages) mit 2 mal 2 Ballen.

Gesamtseitenlage: 8,8 Minuten (0,61 % des Tages) ohne Struktur
12,3 Minuten (0,85 % des Tages) mit 2 mal 1 Ballen und
14,6 Minuten (1,01 % des Tages) mit 2 mal 2 Ballen.

Die Verteilung des Liegens in Seitenlage konzentrierte sich mit zunehmender Strukturierung auf den Zeitraum von ca. 2 Stunden vor Sonnenaufgang (Abb. 1). Die bei der Seitenlage mit der Strukturierung vorzufindende Rhythmik im 24-Stunden-Verlauf zeigte sich auch entsprechend bei der Gesamtzahl an Pferden im Liegebereich.

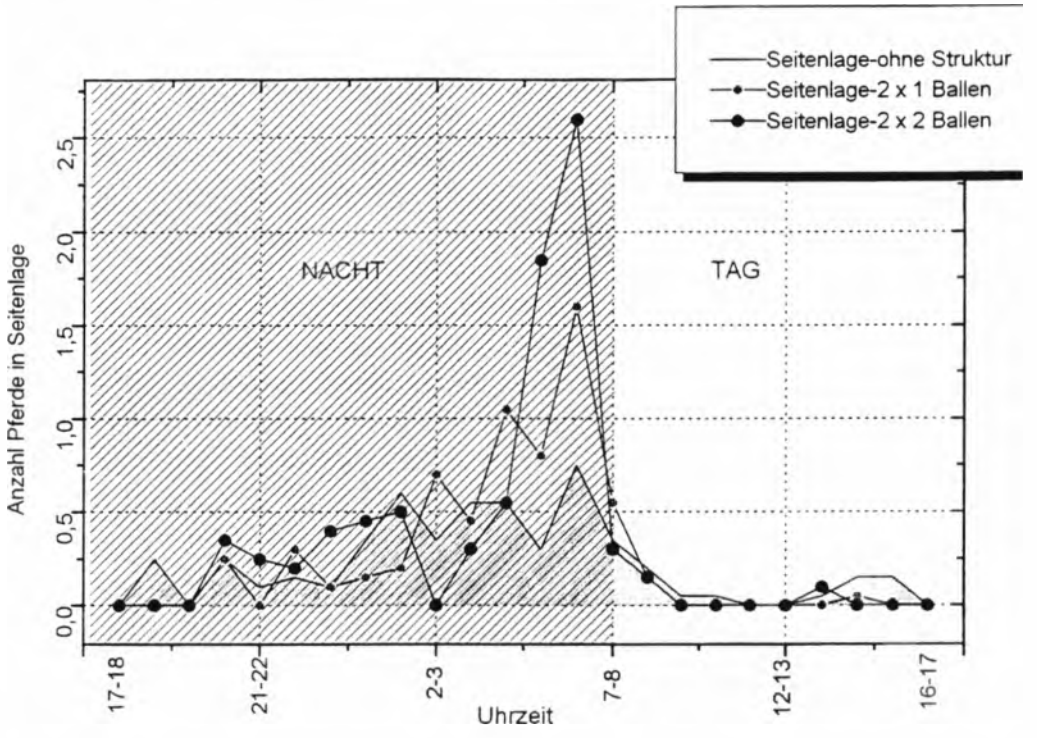


Abb.1: Pferde in Seitenlage im Verlauf des 24-Stunden-Tages ohne und mit Strukturierung der Liegefläche (Mittelwerte von jeweils 48 Stunden)
Horses resting on their sides over a 24-hours-day without structure and with two different kinds of structuring the rest area (mean over each 48 hours)

4 Diskussion

Bei der Untersuchung zum Einfluss der Strukturierung der Liegefläche auf das Verhalten der Pferde in einer Gruppenauslaufhaltung wurde entsprechend der vorgesehenen Funktion dieser Haltungsuntereinheit insbesondere der Einfluss der Strukturierung auf das Ruheverhalten untersucht.

Aus der Untersuchung können die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Die Strukturierung der Liegefläche wirkt sich grundsätzlich positiv auf das Ruheverhalten der Pferde aus. Insbesondere die Tendenz zum vermehrten und längeren Liegen in Seitenlage weist darauf hin, da für das Liegen in Seitenlage bei Pferden neben weichem und trockenem Untergrund das Gefühl der Sicherheit Voraussetzung ist.

  Der Verlauf des Ruheverhaltens erhält mit zunehmender Strukturierung auch eine ausgeprägtere Rhythmik, wobei sich eine Hauptruhephase in die Stunden vor Sonnenaufgang

verlagert, wie dies auch aus Beobachtungen an Przewalskipferden im Semireservat berichtet wird.

- Trotz Einschränkung der Grundfläche pro Pferd mit der Strukturierung ist die Belegung des Liegebereichs mit Struktur relativ am höchsten. Die Strukturierung wirkt sich dementsprechend auch positiv auf die pro Pferd zur Verfügung zu stellende Grundfläche aus.
- Die Strukturierung sollte nicht nur eine Laufbarriere sondern auch Sichtschutz bieten, um die positiven Auswirkungen voll entfalten zu können.

Für die Strukturierung wurde ein Material verwendet, das in nahezu jeder Pferdehaltung verfügbar ist, dessen Positionierung ohne großen Aufwand verändert werden kann und das bei der Entmistung des Liegebereichs kein festen Hindernis darstellt. Die Strukturierung mit einem Großballen stellt für die Pferde eine Barriere ohne Sichtschutz dar. Die Strukturierung mit zwei übereinandergestapelten Großballen bietet auch Sichtschutz für den Rangniederen.

Die Strukturierung mittels Strohballen hat neben den genannten Vorteilen allerdings auch einige Nachteile erwiesen:

- Die Strohballen werden von den Pferden als Futterquelle benutzt, wodurch die Funktionskreise Futteraufnahme und Ruhen im Liegebereich vermischt werden. Dadurch kommt es zu Störungen der ruhenden Pferde.
- Auf einzelne Strohballen können Pferde steigen und mit den Hufeisen hängen bleiben.
- Aufeinandergestapelte Strohballen können bei ungenügenden Fixierung von den Pferden herunter gezogen werden und eine Verletzungsgefahr darstellen.

Effects of structuring of the rest area on the behaviour of group stalled horses

POLLMANN, URSULA

Fachbereich Ethologie und Tierschutz, Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg, 79108 Freiburg, Germany

The effects of structuring of the rest stall area on the animals' behaviour was investigated in a group of 35 horses kept together. Using a video surveillance system, consisting of four cameras and three infrared lamps, it was possible to monitor the animal's behaviour at rest around the clock. The investigation was conducted in three phases: 1) rest area without additional structuring, b) rest area with two large straw bales (to limit movement), 3) rest area with two x two large straw bales (to limit movement and visual contact). Evaluation of each 48 hour investigation period showed that there was a mean increase in duration of the animal's resting on their sides, a more clearly marked pattern of resting behaviour and the highest rates of occupation of the rest area with increasing structuring of the stall. Structuring thus had a positive effect on the animals' behaviour. However, in addition to several advantages, the use of straw bales to provide structuring proved to have disadvantages as the horses became preoccupied by these in various ways.

The effect of genotype and light intensity formation of cannibalism and growth in pullets of egg-producing hybrids to the 35 days of age

DEBRECENI, ONDREJ AND VACLAV KLISKY

Slovak Agricultural University, Tr. A. Hlinku 2, 94976 Nitra, Slovak Republic

The aim of the experiment was assess the effect of genotype and light budget on cannibalism and growth in pullets of egg-producing hybrids to the age of 35 days. In the experiment two hybrids-ISAWHITE and ISABROWN (n = 100) pullets housed in the cages were carried out, each pullet had 102 square cm^2 of floor area, the light budget were decreasing from 24-h in the first experiment day to 8-h at the 29^{th} day. The temperature program was common-decrease from 32 degree C to 23 degree C at the age of 21 days. The pullets were raised on standard feed mixture for fattening. The extreme light intensity age of 100 lx were used in the experiment up to the 21^{st} day of pullet age. The control groups of the both hybrids were reared according to the standard method under the light intensity of 7 lx. The result showed that the pullets of ISAWHITE hybrid are more sensitive to the oversized light intensity than the ISABROWN one. At the group of the ISAWHITE hybrid were increase of mobility, sound performance and fearfulness provoked by tender. At the 14th day the feather pecking occurred which have been developed to the strong cannibalism till the 21st day in 97 % of observed pullets. In experimental ISABROWN group neither in both control groups never appeared feather pecking as well as cannibalism. After the light budget improvement by the dark period elongation and vitamin administration in B group the regeneration of hurted body parts of ISAWHITE pullets persist individually for 30-60 days. The both observed hybrids achieved lower live body weight compared to their growth standard.

Introduction and project`s objective

In modern production of poultry product at high level of genetic material as well as automatization and concentration of live-stock, the conditions of enviroment play deciding role. From the very first day of the age of pullets it is necessary to adhere rigorously to the proven regime in areas of microclimatic parameters of light budget where as any non-adherance can have a long term impact on future production and economics of production. It is mainly during the very 1st week in lives of pullets when the conditions for future production ability are being created and growth equality and homogenity of the flock is being determined, when it is necessary to minimize or eliminate stresses caused by enviromental factors. As HALAJ states / 1993 / extreme lighting can short term act as stimulant, but in longer duration it causes undesirable stress. KOVALČÍKOVÁ AND KOVALČÍK / 1973 / wrote that climate stress can be caused by extreme heat, cold, eventually extreme lighting or sun light. During the early stages of ontogenesis when the mechanism of endocrinology is maturing can be negative factor of the environment irreversibly impact and development glands which participates in the regulation of growth and development of animals and their production of activities. From the external factors it is mainly the intensity and duration of light which acts throught the central nerve syste of hyphotalamus, hypophysis through to peripheral glands and in case of young pullets makes their behaviour more active / SAMBRAUS 1991/. For the normal growth and development it is necessary that the 4 system of glands with the system of hypophysis especially its inside secreation work perfectly. A very important role is played by the front lobe of hypophysis which through various hormons, mainly the somathotropic hormon regulates the growth. The problem of growth is closely related to the problem of growth equality of the flock. BAUMGARTNER / 1998 / has mentioned above the fact that pullets at their age of 5th weeks growth intensity wheras their growth ability has at this time a great influance on their

production and its balance. If the living organism is exposed to the stress for a long period of time, it can lead to changes of behaviour, as a result of this, the poultry can suffer from behavioural defects which are demonstrated by mutual feather or skin and anus packing.This defect of behaviour is called cannibalism and is linked to broken daily regime / DEBRECENI 1993 /. As the autor is stating further, under behavioural defects one understands non-typical, in most cases, pathological and long term changes in behaviour of animals. They are caused by poor conditions and incorrect technique of breeding. The objective of the project has been to consider the impact of excessive light on growth, behaviour and occurance of cannibalism in breeding of egg-producing hybrids ISABROWN and ISAWHITE up to the 5th week of the age whilst housed in cages.

Material and methotology

The experiments were carried out at the Ethological laboratory of the department of special ZOO technology of the Slovak Agricultural University in Nitra and in the objects of poultry producing enterprise Novogal in Dvory nad Žitavou, on the farm of cage housed pullets.In the experiment two test groups were included, each consisting of 100 pieces of one day old egg-producing hybrids ISAWHITE / A1 / and ISABROWN / B1 /. The pullets of the test groups were housed in the conditions of Ethiological laboratory. Parallel with, in production condition of Novogal farm in Dvory nad Žitavou, similarly large test groups of pullets white hybrid with the A2 mark and brown hybrid with the B2 mark were placed. The experiment lasted for 35 days.

Applied methods

The test groups A1 and B1 were kept in an atypical cage, double-decked with grill, the overall housing area was 10 200 square centimetres for one group, it means 102 square centimetres per 1 piece. The groups A2 and B2 were4 housed in the Swifts Standard Technology with an overall area of the cage of 10 200 square centimetres, it means 102 square centimetres per 1 piece. The removal of faeces was carried out regularly twice a week in both the test and the control groups a classic heating programme was used with steeper declining weekly temperature of the air of average 2-3 degrees, so on the 24th day of their age the temperature of the air was 21 degrees. Between the 1st and the 35th dayof their age, the pullets were fed ad libitum with feeding mixture for pullets " Hyd-04" . All groups were supplied by drinking water from „ Nipple containers ", 6 pieces per 100 pullets. Both the test and control groups were kept in a light budget with a combination of decreasing and control regime. The intensity of elimination in test groups was reaching 100 lux 21 days and we considered this to be extreme lighting for this age group. From the 22nd day the intensity was decresed to 7 lux. For pullets from the control group the decrease the light intensity was done per the esteblished programme which has been based on the technological process of ISABROWN. At the of 28 days pullets of each group were divided into 2 flocks and each one was housed on a twice larger area than before, it means 204 square centimeters per piece. During the experience on weekly bases all the were weight on laboratory scales. After the spread of cannibalism, the width and length of pecked areas between the wings were also monitored in mm, during the weighting and this area was expressed in square centimeters. The evidence of differences in weight of egg-producing hybrids has been tested by the T-test of Student, and the correlation between the weight of pullets and size of pecked area estimated by a linear correlation.

Results

The data relating to the weight of pullets of particular groups are shown in Table 1. From these data one can see that during the husing of 1 day pullets the average weight in the test group of white hybrid / A1 / of 39.63 g was approximately the same as in the control group A2 38.47 g. Similarly with the brown hybrid the pullets from test group B1 have almost an identical weight as in the control group 35.00 g vs 36.29 g / B2 /. The differences between the test group and control group in case of both hybrids were statistically not proven. The groups of pullets were very equal the variability of life weight / v / was between 7.27 and 8.05 %. During the first weeks of age, the average weight of all groups was higher or in case of A1 the same, as it is stated in the standards of used live stock. The average weight of pullets of the test groups was lower than in control groups by 10.82 g white hybrids or 9.76 g in brown hybrids. The differences were statistically proven. During the following phase up to the 3rd week of age, the pullets of the white hybrids in test group A1 started in average weight to fall significantly behind the control group A2 by 43.79 g as well as by standard by 36.99 g and by the test group of brown hybrid by 11.34. The differences were statistically highly important. The values of the variable coefficient proves that the above mentioned changes in the growth intensity involved practically all the pullets and were the result of excessive light. The pullets of the brown hybrid have less remarkable changes in weight than the white ones Regardless of that, it is possible to clearly state that excessive light caused even in the brown hybrids a significant drop in growth. Compared to the live stock standard, the pullets were lighter in their 3rd week on average by 40.55 g and in comparrison with the control group in the normal light by 30.03 g / per 0.05 /. With the test group A1 – ISAWHITE noticeable changes in pullets behaviour were recorded at the end of the 2nd and at the beginning of the 3rd week. These were expressed in incresed nervousness sudden fright reactions, bold vocal expressions and as a final consequence in intense pterophagia developing during the 3rd week into cannibalism. This behavioural disfunction hit 97 pullets / 97 % / of the test group A1.The average area of the pecked features on the back represented 12.66 square centimeters whereas the maximum measured data was 24.75 and the minimum stated was 2.50 square centimeters. It is interesting that in group B1 neither pterophagia nor cannibalism were occured at all. This means that the brown hybrids ISABROWN are resistent to behavioural disfunction. The high intensity light causes for this hybrids also an overall drop in growth during the first of age. Because of uncontrollable situation of cannibalism and significant depression in growth from the 22nd day the light intensity in both groups was changed. In order to stop cannibalism the pullets ewre during the day phase of the light programme, they were expossed to 2 periods of complete darkness. Between 8am – 1pm for 3 days and simultanously the intensity of light was adjusted in the remaining time to 7 lux. During the stated period the pullets were administered Kombinal K1 / vitamin K / into their drinking watwr dosage of 1ml 100 pcs pullets per day. Behaviour of pullets started to normalise gradually after the 25 the day of age. In the group A1 examples of freshly blood stained areas on lacks of pullets shopped to occure. During the following weeks the weight differences of test and control groups started to equalize whereas at the end of the 5th week the achieved weight of white hybrid in the test group was 340.60 g and in the control group it was 362.85 g. The weight of groups was lower. One can comment that after the adjustment of the light budget cannibalism gradually ceased to exit and as a result of this the pullets of white hybrid significantly recovered losses in live-weight suffered during the 2nd and 3rd weeks of age. Body parts with pecked feathers or damaged skin gradually recovered as in view of intensity of cannibalism during the following 30-60 days.

Conclusion

From the analysis of results of this work it occured that egg-producing hybrids ISAWHITE and ISABROWN are exceptionally sensitive to increased intensity of light during the first weeks of ontogenesis. The intensity of light of 100 lux 14 days right after hatching causes significant slow down in growth. At the age of 21 days the pullets of the white hzbrids exposed to intense light had an average life weight of 158.11 g, mean while the puleets from control group 201.90 g that is + 27 %. Hybrid ISABROWN reached more moderately, the differences in life-weight between the control and test groups were around 17 %. Intense light caused the flock of pullets increased nervousness,fright and increased level of sound expressions. The white hybrid from the 14th day of age started showing sings of pterophagia which before the 21 day hit 97 % of pullets of the test group. By the end of the 3rd weeks pteriphia turned into cannibalism in case of the most of the pullets, i.e.pecking of the exposed skin on the dorsal of the body between the wings. The average area of the pecked part of the body in the 28th day of reached on average 12.66 square centimeters. The size of the feather pecked area was not in correlation with the weight, that is also with the size of body of the pullets. In case of hybrid ISABROWN no pterophagia or cannibalism were discovered in any the pullets, meaning that the mentioned hybrid is significantly more resistant to the occurance of cannibalism than hybrid ISAWHITE. The lowering intensity of light from the 21st day to 7 lux and the introduction of 5 hours phase of darkness to the light part of the day from 8am-1pm during the 3 following days a complete stop in pterophagia and cannibalism has been achieved. Following that the growth ability of pullets has improved to an that in the 35th day of age the average weight of pullets in the test group of the white hybrid was lower compared to pullets of control groupapproximately by 7 % only. Similar results in weight had also the pullets of white hybrid whereas their overall life-wight exceeded white hybrid an average by 35.85 g, i.e.by 9.90 %. An almost identical difference in weight of hybrids was also in control groups 38.85 g what is approximately by 9.68 %. The result of this projects shows that in order to stop cannibalism the most suitable natural method is completed darkness in the housing space during the day time phase for 5 hours, 2-3 days in a row combined with the application of vitamin K for 2-4 days, depending on the intensity of cannibalism. Cannibalism does not have to be a disaster in pullets keeping if we monitor it in time, even completely struck pullets during early can very quickly recover of consequences of a cannibalism whit is removed.

References

BAUMGARTNER, J.: Life weight in pullets keeping has great impact on future egg-production of hens. Slovenský chov 2, 1998, S. 22-23

DEBRECENI, O. AND MASEK, J.: Ethology of farm animals.VŠP Nitra, 1993, S. 21-48

HALAJ, M.: Poultry keeping. SPU Nitra, 1998, S. 69-74

KOVALCIKOVÁ, M. AND K. KOVALCIK: Adaptation and stress in keeping farm animals. Príroda Bratislava, 1974, S. 52-74

PORZIG, E. UND H.H. SAMBRAUS: Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin GmbH, 1991, S. 380

The technological process ISABROWN, ISAWHITE, Liaharenský podnik Nitra, a.s. Párovské háje, 1999

Tab. 1: Average weight in pullets in experimental and control groups from 1st to 35th day of age

Age	Group	n	x	s	v	min-max	Testing of differences						Standard
							A_1:A_2	A_1:B_1	A_1:B_2	A_2:B_1	A_2:B_2	B_1:B_2	
1.	A1	100	39,36	2,96	7,53	32-46	-	+++	+++	+++	+++	+++	-
day	A2	100	39,47	2,87	7,27	33-47	0,11	4,36	3,07	4,47	3,18	1,29	-
	B1	100	35,00	2,82	8,05	28-42							-
	B2	100	36,29	2,81	7,74	31-47							-
1.	A1	100	69,13	4,99	7,21	59-82	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
week	A2	100	79,95	3,91	4,90	70-90	10,82	3,12	6,64	13,94	4,18	9,67	
	B1	100	66,01	5,79	8,77	51-80							65
	B2	100	75,77	5,06	6,68	60-90							
2.	A1	100	119,17	10,21	8,57	90-151	+++	++	++	+++	+++	-	125
week	A2	100	137,30	8,74	6,37	120-155	18,13	4,99	4,13	13,14	14,00	0,86	
	B1	100	124,16	10,83	8,72	97-149							125
	B2	100	123,30	12,80	10,37	90-150							
3.	A1	100	158,11	15,64	9,89	120-200	+++	+++	+++	+++	-	+++	195
week	A2	100	201,90	14,75	7,31	163-245	43,79	11,34	41,37	32,45	2,42	30,03	
	B1	100	169,45	14,38	8,48	130-208							210
	B2	100	199,48	18,66	9,35	145-242							
4.	A1	100	256,14	28,06	10,96	140-320	+++	+++	+++	+	+	+++	290
week	A2	100	279,80	17,95	6,42	230-325	23,66	16,27	31,96	7,39	8,30	15,69	
	B1	100	272,41	22,84	8,38	220-320							300
	B2	100	288,10	27,73	9,63	210-350							
5.	A1	100	340,60	22,59	6,63	301-414	+++	+++	+++	+++	+++	+++	375
week	A2	100	362,85	23,68	6,53	320-440	22,25	35,85	61,10	13,60	38,85	25,25	
	B1	100	376,45	29,37	7,80	310-451							390
	B2	100	401,70	32,29	8,04	330-480							

A1 – experimental group ISAWHITE
A2 – control group ISAWHITE
B1 – experimental group ISABROWN
B2 – control group ISABROWN

Autorenliste

Name	Seite
Ahlers, D.	44, 49
Aarnink, A.	326
Abd-ElRahman, G.M.	466
Ammann, H.	248, 253
Amon, B.	382, 385
Amon, T.	140, 145, 382, 385
Andree, H.	378, 381
Artmann, R.	426, 429
Backus, G.	26
Bak, J.	20
Barth, K.	224, 229
Bartussek, H.	320, 324, 374, 377
Baumeister, J.	254, 259
Bea, W.	486, 489
Benz, B.	182, 187
Berg, W.	74, 79
Bergschmidt, A.	74, 79
Berns, C.	56, 61
Bilgen, H.	438, 441
Böck, S.	50, 55
Bockisch, F.-J.	188, 193, 418, 421, 498, 501
Boeker, P.	86, 91, 92, 97
Bohl, T.	410, 413
Bohlsen, E.	426, 429
Boxberger, J.	140, 145, 382, 385
Brade, W.	356, 361
Brehme, G.	98, 103
Brehme, U.	44, 49
Brose, G.	80, 85, 104, 109
Brunsch, R.	74, 79, 362, 367, 450, 453
Bürger, C.	434, 437
Bursch, J.	482, 485
Büscher, W.	158, 163, 278, 283
Cielejewski, H.	332, 337
Clausen, N.	170, 175
Croce, R.	86, 91, 92, 97
Dämmgen, U.	56, 61, 74, 79
de Greef, K.	26
Debrecine, O.	522
Diekmann, B.	86, 91, 92, 97
Distl, O.	188, 193
Döhler, H.	56, 61, 68, 73, 74, 79, 152, 157
Dreiseitel, H.	462, 465
Epinatjeff, P.	410, 413
Eurich-Menden, B.	74, 79
Fahlbusch, K.	344
Feller, B.	332, 337
Freiberger, F.	284, 289
Freiberger, M.	296, 301
Fröhlich, G.	50, 55
Frosch, W.	158, 163
Fübbeker, A.	254, 259
Gallmann, E.	80, 85, 314, 319
Gartung, J.	212, 217
Gasteiner, J.	320, 324
Georg, H.	188, 193, 510, 513
Gläser, M.	116, 121
Griebel, M.	86, 91, 92, 97
Grimm, E.	68, 73, 98, 103
Gronauer, A.	80, 85, 110, 115, 128, 133, 134, 139
Groot Koerkamp, P.	26
Grotz, W.	128, 133, 418, 421
Guggenberger, T.	320, 324
Haake, K.-W.	510, 513
Haidn, B.	296, 301, 490, 493
Harms, J.	236, 241, 254, 259
Hartung, E.	80, 85, 104, 109, 314, 319, 486, 489
Hatem, M.H.	466
Hauser, R.	200, 205
Häuser, S.	164, 169
Hausleitner, A.	320, 324, 386, 389
Heege, H.	498, 501
Heinzl, W.	494, 497

Name	Seite
Hesse, A.	498, 501
Hesse, D.	498, 501
Hildenbrand, M.	290, 295
Hilty, R.	248, 253
Hogewerf, P.H.	38
Hoofs, A.	326
Hornauer, N.	490, 493
Hörnig, G.	362, 367
Hörning, B.	458, 461
Hoy, S.	164, 169, 502, 505
Hügle, T.	378, 381
Hütter, A.	278, 283
Iliev, M.	446, 449
Jais, C.	506, 509
Jakob, W.	390, 393
Jasiewicz, M.	514
Jeremic, D.	140, 145
Jeß, H.-J.	471, 473
Jungbluth, T.	80, 85, 104, 109, 182, 187, 302, 307, 314, 319, 410, 413, 486, 489
Käck, M.	290, 295
Kallweit, E.	498, 501
Kaufmann, O.	230, 235
Kaufmann, R.	248, 253
Keck, M.	200, 205
Ketellaar-de Lauwere, C.	26
Kircher, A.	302, 307
Klindtworth, K.	32, 37
Klindtworth, M.	1, 9, 32, 37
Klisky, V.	522
Kloppert, B.	442, 445
Kluge, J.	158, 163
Knebelspieß, M.	146, 151
Koster, F.	86, 91, 92, 97
Kowalewsky, H.-H.	254, 259
Krause, K.-H.	98, 103
Kuczynski, T.	514
Langeveld, H.	26
Langhans, W.	200, 205
Laufeld, P.	44, 49
Laurs, A.	454, 457
Lehmann, B.	254, 259
Leiendecker, M.	430, 433
Lemmer, A.	398, 401
Lüttich, M.	74, 79
Luttik, J.	26
Mahmoud, N.S.	466
Maier, B.	110, 115
Martin, I.	62, 67
Meyer, W.	188, 193
Möller, B.	116, 121
Müller, D.	368, 373
Müller, H.-J.	98, 103, 116, 121
Niebaum, A.	122, 127
Nordbeck, F.	16
Oberdellmann, P.	430, 433
Oechsner, H.	146, 151, 398, 401
Ogink, N.	326
Ordolff, D.	218, 223, 438, 441
Osterburg, B	74, 79
Pacajova, Z.	394
Petermann, M.	442, 445
Pirkelmann, H.	284, 289
Placha, I.	394
Pöllinger, A.	382, 385, 386, 389
Pollmann, U.	518, 521
Priekulis, J.	454, 457
Przybya, K.	514
Purucker, S.	242, 247
Rackwitz, R.	434, 347
Radev, D.	446, 449
Rathmer, B.	80, 85, 134, 139
Ratschow, J.-P.	10, 15
Reichmann, V.	462, 465
Richter, T.	194, 199
Richter, T.	290, 295
Rieß, G.	110, 115
Rittel, L.	406, 409
Rittershaus, C.	266, 271, 442, 445
Rödel, G.	50, 55
Sasakova, N.	394

Name	Seite
Schauer, A.	320, 324
Scheibl, P.	44, 49
Scherping, E.	44, 49, 450, 453
Schick, M.	260, 265
Schiessl, K.	152, 157
Schlemmer, M.	338, 343
Schön, H.	1, 9, 80, 85, 110, 115, 128, 133, 134, 139, 236, 241, 242, 247, 422, 425, 490, 493
Schulze Lammers, P.	86, 91, 92, 97
Schwarz, H.-P.	338, 343, 368, 373
Sedlmeyer, F.	422, 425
Seufert, H.	266, 271, 338, 343, 368, 373, 442, 445
Smits, A.C.	38
Smits, M.C.J.	38
Snell, H.	482, 485
Sözer, S.	402, 405
Spoelstra, S.	26
Steinwidder, A.	320, 324
Stenzel, P.	510, 513
Stollberg, U.	116, 121
Stoyanov, I.	446, 449
Strausa, S.	474
Stumpenhausen, J.	272, 277, 430, 433
Tost, J.	458, 461
Tóth, L.	20
Troxler, J.	462, 465, 489
Türk, M.	494, 497
Umstätter, C.	230, 235
Van Caenegem, L.	206, 211
Van den Weghe, H.	122, 127, 482, 485
Van Erp, C.	414
van't Klooster, C.E.	38
Venglovsky, J.	394
Verhülsdonk, B.	390, 393
Vermeij, I.	326
Vieregge, C.-J.	350, 355
Waiblinger, S.	462, 465
Wallenfang, O.	86, 91, 92, 97
Wandel, H.	182, 187
Weber, M.	510, 513
Weber, R.	302, 307, 308, 313
Wechsler, B.	200, 205, 302, 307
Wendl, G.	1, 9, 32, 37, 50, 55, 236, 241, 242, 247, 422, 425
Wendling, F.	50, 55
Werner, D.	44, 49
Wiedmann, R.	478, 481
Wieland, H.	418, 421
Windischbauer, G.	462, 465
Wittkowski, M.	92, 97
Wolter, W.	266, 271, 442, 445
Yaldiz, O.	402, 405
Zähner, M.	200, 205
Zeisig, H.-P.	110, 115
Ziron, M.	164, 169
Zschöck, M.	442, 445

Chronik

Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“

	Veranstalter	Vorträge und Teilnehmer	Ort und Termin
1.	Justus-Liebig-Universität Gießen Institut für Landtechnik	23 Vorträge einzügige Veranstaltung 126 Teilnehmer	Gießen 15.3. Exkursion 16. und 17.3.1993
2.	Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) Humboldt-Universität zu Berlin Institut für angewandte Nutztier-wissenschaften	49 Vorträge zweizügige Veranstaltung 180 Teilnehmer	Potsdam 13.3. Exkursion 14. und 15.3.1995
3.	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik	68 Vorträge dreizügige Veranstaltung 225 Teilnehmer	Kiel 11. und 12.3.1997
4.	Technische Universität München Institut und Bayerische Landes-anstalt für Landtechnik Freising-Weihenstephan	70 Vorträge, 25 Poster dreizügige Veranstaltung 315 Teilnehmer	Freising 9. und 10.3.1999
5.	Universität Hohenheim Institut für Agrartechnik	65 Vorträge, 40 Poster dreizügige Veranstaltung	Hohenheim 6. und 7.3.2001