BAU, TECHNIK UND UMWELT IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZTIERHALTUNG

Beiträge zur 3. Internationalen Tagung

11. und 12. März 1997
in Kiel



INSTITUT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE VERFAHRENSTECHNIK
DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL

Mit Unterstützung von

MAX-EYTH-GESELLSCHAFT AGRARTECHNIK IM VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR ELEKTRIZITÄTSANWENDUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT e.V.

© Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Kiel, 1997

BAU, TECHNIK UND UMWELT IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZTIERHALTUNG

Beiträge zur 3. Internationalen Tagung

11. und 12. März 1997
in Kiel



INSTITUT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE VERFAHRENSTECHNIK
DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL

Mit Unterstützung von

MAX-EYTH-GESELLSCHAFT AGRARTECHNIK IM VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR ELEKTRIZITÄTSANWENDUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT e.V.

© Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Kiel, 1997

Die 3. Internationale Tagung
„Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung"
fand am 11. und 12. März 1997 im Auditorium Maximum der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel statt.

Für die Unterstützung der Tagung durch

das Land Schleswig-Holstein,
die Deutschen Forschungsgemeinschaft und
die Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V. (AEL)

sei herzlich gedankt.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Hrsg.): Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 3. Internationalen Tagung vom 11. und 12. März 1997 in Kiel

Anschrift: Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Universität Kiel, Olshausenstr. 40, D-24098 Kiel
Redaktion: Prof. em. Dr. Hermann Josef Heege
Mathias Bichmann
Layout: Lars Stubbe
Mathias Bichmann

© Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

ISSN 0948-7786

Herstellung: Veröffentlichungsstelle der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Vorwort



PROF. EM. DR. HERMANN J. HEEGE

Die Entwicklung vom Jäger und Sammler zum Heger und Pfleger der Natur kennzeichnet im wesentlichen die Kulturgeschichte des Menschen. Die Domestikation der Haustiere und die daraus resultierende Entwicklung in Bau, Technik und Umwelt der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung gehören dazu. Das Tagungsthema ist insofern nicht neu; es ist trotzdem hochaktuell. Die Aktualität entsteht vor allem aus dem Umstand, daß in der modernen Gesellschaft die Zahl der von einer Arbeitskraft betreuten Zahl der Tiere fortlaufend steigt.

In der fachfremden Öffentlichkeit ist oft die Klage zu hören, die Entwicklung der Agrartechnik habe zu Großbetrieben oder Agrarfabriken geführt. Nun, es kommt darauf an, woran man die Größe der Betriebe mißt. Nach der Zahl der Tiere und nach der Flächenausstattung sind die Betriebe deutlich größer geworden und werden diese auch in Westeuropa deutlich weiter wachsen müssen. Wer diese Entwicklung verhindern will, macht unsere Bauern zu Sozialfällen. Der wichtigste Maßstab ist sicherlich der Mensch. Nach der Zahl der Arbeitskräfte sind die Betriebe deutlich kleiner geworden. Insofern kann von Agrarfabriken wirklich nicht die Rede sein; ein Einmann- oder Zweimannbüro mit moderner Datenverarbeitungs- und Kommunikationstechnik ist schließlich - trotz eines hohen Umsatzes - kein großer Verwaltungsbetrieb.

Die Rede sein muß aber von den Ansprüchen, welche die Menschen und die Tiere an Bau, Technik und Umwelt bei der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung stellen. Die Ansprüche der Menschen sind zunächst geprägt von dem Wunsch nach einer ökonomischen Tierhaltung, welche die Erzielung eines zufriedenstellenden Einkommens ermöglicht. Dieser Wunsch beinhaltet Haltungsverfahren mit geringem Aufwand für Bau, Technik sowie Arbeit und gleichwohl hohen tierischen Leistungen. Mit gutem Recht stellen Landwirte und deren Nachbarn aber auch Ansprüche an die aus der Tierhaltung sich ergebende Umwelt, wobei es im einzelnen um die Belastung der Luft mit Geruchsstoffen sowie Schadgasen und um die Belastung des Grundwassers mit Güllenährstoffen geht.

Es fehlt nicht an Zeitgenossen, welche die landwirtschaftliche Nutztierhaltung mit hohen tierischen Leistungen und somit effizienter Futterverwertung für ein Zivilisationsübel halten. Es sind sicherlich Grenzen der Tierbelastung zu beachten. Innerhalb dieser Grenzen führt aber eine effiziente Futterverwertung immer zu einer Schonung der Umweltressourcen. Die Situation in der derzeitigen Schweinemast ist, daß etwa 30% des Futterstickstoffes im Schwein verbleiben, die restlichen 70% gelangen über die Gülle in die Umwelt. Wenn es gelänge, 50% des Futterstickstoffes für die Fleischbildung zu nutzen und somit auch nur noch 50% in die Umwelt zu emittieren, so würde sich das Verhältnis zwischen der Retention im Fleisch und der Ausscheidung von 1:2,3 bei der derzeitigen Situation auf 1:1 verbessern. Die Folge wäre, daß je Masseneinheit Fleisch die Umweltbelastung auf 43% sinken würde. Diese Relation zeigt, welchen enormen Beitrag die modernen Agrarwissenschaften inklusive der Tierhaltungstechnik zur Verbesserung der Umweltsituation im Prinzip leisten können.

Die frühere Agrargesellschaft war durch ein enges Verhältnis zwischen dem Landwirt und seinen Haustieren geprägt. Der heutige Landwirt hingegen betreut eine wesentlich größere und noch fortlaufend steigende Zahl von Nutztieren, wobei dann zwangsläufig das einzelne Tier anonym wird. Andererseits hält aber in der heutigen Gesellschaft fast jeder zweite Haushalt ein solitäres Heimtier, das nicht selten gehätschelt und getätschelt wird. Im Gegensatz zur früheren Agrargesellschaft ist somit ein gespaltenes Verhältnis zwischen Mensch und Tier entstanden. Die landwirtschaftlichen Nutztiere werden anonym in Kasernen gehalten; die Heimtiere hingegen leben mit den Herren der Schöpfung im Familienanschluß. Natürlich wissen wir nicht, wie die Tiere die Situation empfinden. Die unterschiedliche Situation ist allerdings die Ursache für das Unverständnis eines großen Teiles der Gesellschaft für die heutige landwirtschaftliche Nutztierhaltung und führt zunehmend zu politischen Auswirkungen im Rahmen der Tierschutzgesetzgebung.

Sicherlich muß man davon ausgehen, daß der Halter eines größeren Nutztierbestandes auch eine größere Verantwortung trägt. Diese höhere Verantwortung hat im allgemeinen jeder Mensch, der seinen Wirkungsbereich durch eine fortschrittlichere Technik erweitert, wobei es ziemlich gleichgültig ist, in welchem Berufsfeld er tätig ist. Wenn Mißstände in der Führung von größeren Tierbeständen auftreten, so sind diese in der Regel darauf zurückzuführen, daß das ethische Verantwortungsbewußtsein des Menschen nicht im Einklang mit den technischen Möglichkeiten gewachsen ist. Diese Mißstände sind allerdings nicht die Regel, sondern die Ausnahme, wie denn auch der ethische verantwortungslose Tierhalter hoffentlich die große Ausnahme darstellt. Und für diese Ausnahmen hat der Gesetzgeber Schranken errichtet.

Sofern Haltungsnormen beachtet werden, ist es für das einzelne Tier gleichgültig, ob noch benachbarte Stallabteile vorhanden sind oder nicht. Unter diese Voraussetzung ist die maximale Größe des Bestandes nicht eine Frage der tiergerechten Haltung; sie ist vielmehr eine Frage des Umweltschutzes und der Entsorgung.

Es möge die Tagung dazu beitragen, daß das Wissen um Bau, Technik und Umwelt der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung erweitert wird.

Kiel, im Februar 1997

(Hermann J. Heege)

Inhaltsverzeichnis

Grußworte

v. Plüskow, Rüdiger	Staatssekretär im Ministerium für Ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus des Landes Schleswig - Holstein	11-12
Kalm, Ernst	Dekan der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	13-14

Milchviehaltung

Amon, Thomas	Klimatische Einflüsse auf das Verhalten von Milchkühen im Offenfronttretmiststall	15-23
Büscher, Wolfgang	Abrufstationen für Kraftfutter in der Kälberaufzucht	24-27
Chung, T. Y.	Effects of sprinkler and fan cooling system for Holstein cows on physiological parameter and milk production in Korea	28-35
Guth, Nicolas	Untersuchungen zu fünf verschiedenen Varianten der Gruppenhaltung für Jungrinder	36-43
Haidn, Bernhard	Eingestreute Milchviehställe - Strohbedarf und Verfahrensbewertung	44-52
Kaufmann, Otto	Beitrag zur Nutzung der Milchflußgeschwindigkeit beim Milchentzug als Indikator für die Früherkennung von Eutergesundheitsstörungen	53-58
Kiiman, Heli	Mistakes in Machine Milking and Their Analysis	59-64
Pirkelmann, Heinrich	Kälbermast in Gruppenhaltung mit automatisierter Tränke	65-75
Schatz, Petra	Eine vergleichende Analyse des TGI 35L/1995 und des TGI 200/1994 zur Beurteilung der Tiergerechtheit von Milchviehhaltungssystemen	76-83
Schmidt, Sybille	Verfütterung flüssig konservierter Rübensilagen an Milchvieh in einer Total-Mixed-Ration (TMR)	84-91
Tóth, László	Development of a new system milk volume meter	92-97

Worstorff, Hermann — Zur Wirksamkeit von maschineller Vorstimulation und Nachmelkautomatik 98-103

Haltungssysteme Schweine

Andree, Helga — Minderung der NH3 Emission aus der Schweinemast durch eiweißreduzierte Einzeltierfütterung 104-111

Beck, Jürgen — Stallsysteme für eine umweltverträgliche Mastschweinehaltung - Erdreichwärmetauscher und nährstoffangepasste Fütterung (BML-Modellvorhaben 95/96) 112-120

Behninger, Susanne — Außenklimaställe für Mastschweine - Untersuchungsergebnisse zu Stallklima, Tierverhalten und Leistungsparametern 121-129

Hesse, Dirk — Weiterentwicklung von Mastschweinehaltungsverfahren mit und ohne Einstreu, im Hinblick auf Tier und Umweltschutz 130-137

Maroske, Ulf — Vergleich neuer und konventioneller Technik für die Mastschweinefütterung 138-146

Olsson, Ove — The Swedish Farrow - To - Slaughter (FTS) Pig Production System - a New Housing Concept for Eliminating Stressors 147-154

Schaal, Andreas — Artgemäße Stallhaltungssysteme in der Sauenhaltung unter Berücksichtigung der Baukosten - Dokumentation und ökonomischer Vergleich..... 155-163

Stubbe, Lars — Die Bedeutung der Eberbesuche von Sauen für die automatische Rauschedetektion 164-171

Venzlaff, Fritz-Wilhelm — Vergleich alternativer Haltungsverfahren von Mastschweinen im Kaltstall auf Einstreu zur einstreulosen Haltung in zwangs-belüfteten, wärmegedämmten Ställen 172-179

Landwirtschaftliches Bauen

Bockisch, Franz-Josef — Bestimmung von Kosten-Nutzen-Relationen für Ställe - Beispiel Jungviehhaltungssysteme 180-188

van Caenegem, Ludo — Der Mehrgebäudestall für Milchvieh 189-192

Gartung, Jürgen	Kostengünstige Tragwerke für Milchvieh-Laufställe	193-199
Gartung, Jürgen	Investitionsbedarf für landwirtschaftliche Bauten	200-207
Lippus, Arthur	Athena - ein integriertes Informationskonzept für das landwirtschaftliche Bauen	208-214
Mortensen, Børge	Animal protection laws and their effect on Danish pig production	215-220
Preiß, Frank	Internet-Projekt-Fachinformationsnetz landwirtschaftliches Bauen „Finlab"- Bereich Bauökonomik	221-228

Arbeitswirtschaft

Barth, Kerstin	Individualisierung der Tierbetreuung in Fischgrätenmelkständen zur Steigerung der Arbeitsleistung und zur Verbesserung der Arbeitsqualität	229-236
Deuter, Anne	Arbeitsorganisation und Zeitbedarf bei der Freilandhaltung von Sauen - Untersuchungen aus einem Praxisbetrieb	237-243
Hörning, Bernhard	Arbeitszeitaufwand für Einstreuen und Entmisten in Tretmist- und Tieflaufställen für Milchkühe	244-252
Kaufmann, Robert	Verfahrenstechnische und arbeitswirtschaftliche Optimierung der Haltung von Mastschweinen auf Sägemehl	253-260

Automatisierung

Artmann, Rudolf	Sensorsysteme für automatische Melksysteme (AMS)	261-268
Bichmann, Mathias	Automatisierung der Trächtigkeitsdiagnose mittels Ultraschall an Sauen	269-276
Bos, Nadia	Automated Oestrus Detection in Individually Housed Sows	277-280
Brehme, Ulrich	Untersuchungen mit Thermoimplantaten und Pedometern bei Mutterkühen	281-289
Ipema, A.H.	Robotic Milking of Dairy Cows	290-297

Jeß, Hans-Jürgen — Eine neue technische Möglichkeit zur Bestimmung der Futteraufnahme von Milchkühen mit Hilfe der Rumentemperaturdifferenzen 298-306

Klindtworth, Michael — Die elektronische Kennzeichnung von Rindern mit Injektaten-Ein Vergleich verschiedener Injektionsorte unter Berücksichtigung verfahrenstechnischer Aspekte 307-315

Schattner-Schmidt, Silvia — Überprüfung computergestützer, bodennaher Flüssigmistausbringsysteme hinsichtlich ihrer Längs- und Querverteilung 316-324

Sonck, B.R. — Effects of robotic milking management strategies on the labour requirement of dairy farms 325-334

Wendl, Georg — Einsatz von elektronischen Schrittzählern (Pedometer) zur Brunsterkennung bei Milchkühen 335-343

Emissionen

Amon, Barbara — Einsatz eines mobilen Emissionsmeßraumes zur Emissionsratenbestimmung umwelt- und klimarelevanter Gase aus der Rinderhaltung (Stall, Festmistlagerung und -kompostierung) 344-351

Brehme, Gunnar — Emissionsverhalten von Offenställen für Mastschweine mittels Modellsimulation und Tracergasmessungen im Feldversuch 352-360

Gronauer, Andreas — Emissionsratenanalyse variabler Emissionsquelltypen in der Landwirtschaft mittels open-path- und extraktiver FTIR-Spektroskopie 361-368

Gurk, Stefan — Spurengasanalytik in Abhängigkeit unter schiedlicher Haltungsverfahren in der Milchviehwirtschaft 369-376

Holste, Dorothee — Geruchsschwellenentfernungen größerer Milchviehbestände 377-384

Keck, Margret — Ammoniakfreisetzung und Geruchsschwellen von Rinderställen mit Laufhöfen 385-389

Krause, Karl-Heinz — Ableitung von Stallemissionen 390-396

Neser, Stefan — Stoffstrombilanzierung in der Legehennenhaltung 397-404

Petrovic, V. Dragan	Interpretation of the Anemometer X-Probes Output Signals by Modified Method of Durst, Melling & Whitelaw	405-413
Schäfer, Klaus	Test von Ausbreitungsmodellen zur Emissionsratenbestimmung aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen	414-421
Schlauderer, Ralf	Bewertung von Umweltschutzmaßnahmen in der Schweinemast	422-431
Siemers, Volker	Einfluß der eiweißreduzierten Fütterung und der Häufigkeit der Rationsanpassung auf die Stallluft-qualität und die Ammoniakemis-sionen in einem einstreulosen Kammstall für Mastschweine mit Flüssigfütterung	432-440

Klimatechnik

Driemer, J.	Der Einsatz eines gravimetrischen Meßgerätes zur kontinuierlichen Bestimmung der Schwebstaubkonzentration in Stallungen	441-449
Jaggy, Ute	Bewertung der Staubbelastung in verschiedenen Pferdeställen	450-457
Schauberger, G.	Evaluierung eines quasistationären Bilanzmodells zur Stallklimasimulation	458-465
Vranken, Erik	Development of a low cost ventilation rate sensor for micro-environmental control in agricultural buildings	466-475

Abluftreinigung

Hartung, Eberhard	Reduzierung der Ammoniak- und Geruchs-emissionen aus der Tierhaltung durch bio-logische Abluftfilter	476-482
Hendriks, Jos	Testing of a biofilter to reduce ammonia emission from pig houses	483-490
Siemers, Volker	Bewertung unterschiedlicher Naßabscheider/ Biofilterkombinationen hinsichtlich der Min-derung der Ammoniak-, Geruchs- und Staub-emissionen aus einstreulosen Mastschweine-ställen und deren Wirtschaftlichkeit	491-498

Reststoffe

Berg, Werner	Die Wirkungen von Milchsäure auf die Gülleeigenschaften, die Emissionen und den Pflanzenertrag	499-506
Macke, H.	Wirksamkeit der in-situ-Kotbelüftung in Broilerställen zur Reduzierung der Emissionen aus Geflügelkot	507-514
Oh, In - Hwan	Behandlung der tierischen Exkremente in Korea	515-521
Wanka, Ute	Untersuchungen zur Wirksamkeit von Güllebehälterabdeckungen zur Reduzierung von Emissionen	522-530

Agrartechnische Forschung in Osteuropa

Brdarevska, Marija	Livestock Buildings as Working Space	531-538
Kask, Heino	Die Haltungsarbeiten bei Kühen in kalten Laufställen	539-541
Petrovic, V. Dragan	Axisymmetric Round Nozzles	542-549
Radev, Dimitar	Untersuchungen über das Dosieraggregat eines Kraftfutterautomaten	550-556
Radev, Dimitar	Analysis of modern technologies for dairy - cow breeding in Republic of Bulgaria	557-563
Šottník, Jaroslav	Study of Possibility to Create Optimal Micro-climate in the Reconstructed Stables	564-572
Šottník, Jaroslav	Analysis of the Content of Harmful Substances and Microclimate in Experimental Fattening House for Bulls with Ciculation Channels under Slatted Floor	573-582
Tóth, László	Quality, Reliability, Efficiency and Compromises in the Planning of Milking Systems	583-588

Chronik 589

Liste der Referenten und Diskussionsleiter 590-594



RÜDIGER VON PLÜSKOW

Staatssekretär im Ministerium für ländliche Räume,
Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus
des Landes Schleswig-Holstein

Sehr geehrter Herr Vorsitzender,

verehrte Damen und Herren!

Anläßlich der 3. Internationalen Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung am 11. und 12. März 1997 in Kiel begrüße ich alle hier Anwesenden sehr herzlich im Namen der schleswig-holsteinischen Landesregierung. Mein besonderes Willkommen gilt den Referentinnen und Referenten aus den anderen Bundesländern und dem Ausland. Neben Fachleuten aus den EU-Mitgliedsländern Belgien, Dänemark, Niederlande, Österreich und Schweden sind auch Redner aus Estland, Jugoslawien, Korea, der Schweiz und Ungarn gekommen. Gerade dem internationalen Austausch von Erkenntnissen und Erfahrungen messe ich einen hohen Stellenwert bei, zumal sich die landwirtschaftlichen Nutztierhalter in zunehmendem Maße dem internationalen Wettbewerb stellen müssen.

Die besondere Bedeutung der tierischen Produktion in unserem Lande kommt dadurch zum Ausdruck, daß zwei Drittel der Verkaufserlöse der schleswig-holsteinischen Landwirtschaft aus diesem Bereich stammen. Ferner sind die Marktferne und der hohe Selbstversorgungsgrad bei vielen Produkten kennzeichnend für die hiesige Nutztierhaltung. Es müssen daher zur Existenzsicherung unserer Nutztierhalter qualitativ hochwertige und preislich wettbewerbsfähige Erzeugnisse hergestellt werden, die außerdem über ein gutes Image für eine hohe Verbraucherakzeptanz verfügen. In Schleswig-Holstein als Ferienland zwischen den Meeren genießt der Wirtschaftsfaktor Tourismus darüber hinaus eine hohe Wertschätzung. Damit bekommt der Schutz einer intakten Umwelt eine besondere Bedeutung.

In diesem aufgezeigten Spannungsfeld von wirtschaftlicher und wettbewerbsfähiger Produktion, tiergerechten Haltungsverfahren sowie verantwortungsvollem und schonendem Umgang mit den verfügbaren Ressourcen bewegen sich auch die Themen Ihrer Tagung.

Es ist leicht nachvollziehbar, daß durch den Einsatz technischer Hilfsmittel eine erhöhte Wirtschaftlichkeit erreicht werden kann. Dies wird vielfach durch Einsparung von Arbeitsaufwand pro erzeugter Produkteinheit erreicht. In diesem Zusammenhang möchte ich als Beispiel die Laufstallhaltung bei Kühen erwähnen. Vielfach führen technische Verbesserungen auch zu erhöhten Tierleistungen. Hierbei denke ich z.B. an die großen Fortschritte, die in den letzten Jahren hinsichtlich der Steuerung des Klimas in Tierställen erzielt worden sind.

Natürlich darf der technische Aufwand nicht derart kostenträchtig sein, daß eine Produktion unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, wie z.B. bei einem Erdfilter für Stallabluft, unmöglich gemacht wird.

Das Thema artgerechte Haltung von Nutztieren wird in der Öffentlichkeit kaum ohne Emotionen geführt. Es wird pauschal der Vorwurf erhoben, der Einsatz von Technik führe zu Massentierhaltung und damit zu gravierenden Nachteilen für das Wohlbefinden der Tiere. Richtig ist, daß es in hohem Umfang - vor allem bei Schweinen und Geflügel - Massentierhaltung gibt, allerdings nicht in Schleswig-Holstein! Das bedeutet aber nicht, daß diese Massentierhaltung automatisch tierquälerisch ist. Denn diese Tierhaltungssysteme bewegen sich im Rahmen der gesetzlichen Regelungen. Das bedeutet aber wiederum nicht, daß diese gesetzlichen Regelungen und Haltungssysteme nicht verbesserungsbedürftig sind. Daran arbeiten wir alle gemeinsam!

Festzustellen ist aber auch, daß bereits in der Vergangenheit viel geschehen ist. Das Beispiel der Laufstallhaltung von Kühen habe ich bereits erwähnt. Auch im Bereich der Haltung von Schweinen und Kälbern sind wir in den letzten Jahren ein gutes Stück vorangekommen. Wir könnten weiter sein, wenn uns die Europäische Union bei unseren Vorstellungen für mehr artgerechte Tierhaltung in vollem Umfang folgen würde. Nationale Alleingänge erscheinen mir in diesem Zusammenhang kein wirksames Mittel, da sie nur neue Wettbewerbsvorteile zu Lasten unserer Landwirte verursachen würden.

Die größten Defizite bestehen sicher im Bereich der Geflügelhaltung. Hier müssen wir in einem akzeptablen Zeitverlauf zu einem Verbot der Käfighaltung kommen.

Festhalten aber will ich auch dies: Tiergerechte Nutztierhaltung ist kein Problem der Betriebsgröße.

Durch technische Maßnahmen können auch erhebliche Entlastungen der Umwelt erreicht werden. Als Beispiele lassen Sie mich die Belüftung von Geflügelkot zwecks Vermeidung von Schadgasen und Gerüchen oder die eiweißangepaßte Fütterung von Mastschweinen erwähnen. Bereits 85 Prozent der deutschen Schweinemäster haben auf eine nährstoffangepaßte Mehrphasenfütterung umgestellt, so daß durch diese technische Maßnahme Abluft und Gülle wesentlich um N-haltige Verbindungen entlastet werden.

Die gelungene Kombination von tiergerechter Haltung, guten ökonomischen Ergebnissen und geringer Umweltbelastung ist ein besonderes Anliegen des Ministeriums für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus. Aus diesem Grunde zeichnet Minister Wiesen in jedem Jahr in dieser Hinsicht beispielhafte Betriebe aus, damit die Berufskollegen sich an praktischen Beispielen orientieren können und die Öffentlichkeit erfährt, welche Gedanken sich Landwirte um das Wohlbefinden ihrer Tiere machen.

Besondere Bedeutung für Schleswig-Holstein hat die Erhöhung der Schweineproduktion, vor allem der Sauenhaltung. Unter anderem dank unserer Aktivitäten konnten die Anforderungen für eine umweltrechtliche Genehmigung in Deutschland auf europäischem Niveau harmonisiert werden.

Ich hoffe, daß die betroffene Wirtschaft dies als Signal für mehr Investionsbereitschaft auf dem Gebiet des Schweinestallbaus aufnimmt.

Nicht zuletzt aufgrund Ihrer Forschungsergebnisse war die Anhebung entsprechender Tierzahlgrenzen für eine umweltrechtliche Genehmigung vertretbar.

Ich wünsche Ihnen, daß Ihre Tagung dazu beiträgt, EU-weit zu weiteren Fortschritten bezüglich einer tiergerechten und umweltverträglichen Nutztierhaltung zu kommen.



PROF. DR. DR. H.C. MULT. E. KALM

Dekan der Agrarwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Sehr geehrter Herr Kollege Heege, Herr Staatssekretär von Plüskow, meine sehr verehrten Damen und Herren!

Im Namen der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität begrüße ich Sie ganz herzlich. Ich freue mich, daß mit dieser Tagung Ihrem Vorsitzenden, unseren Emeritus Hermann Heege, gleichzeitig ein Dank verbunden ist für sein besonderes Engagement in der Verfahrenstechnik. Die Kieler Fakultät zeichnet sich dadurch aus, daß eine besondere Zusammenarbeit zwischen Theorie und Praxis besteht. Wenn ich die Teilnehmer, Referenten und Diskussionsleiter betrachte, so trägt diese 3. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" wieder dazu bei, den Bereich der Nutztierhaltung zu optimieren.

Die Weltbevölkerung von derzeit 6 Mrd. Menschen wird im Jahre 2020 auf ca. 8. Mrd. angewachsen sein. Für ein friedliches Zusammenleben dieser Menschen wird es darauf ankommen, daß eine ausreichende Grundversorgung mit Nahrungsmitteln garantiert werden kann, ohne gleichzeitig den Raubbau an der Natur zu beschleunigen. Das bedeutet eine möglichst effiziente Nahrungsmittelerzeugung. Die Nutztierhaltung, die mit 63 % der Verkaufserlöse die deutsche Landwirtschaft maßgeblich prägt, wird sich dieser Aufgabe stellen. Dies ist in der Regel nur machbar, wo Wissenschaft und Praxis auf den Gebieten der Tierzüchtung und Tierhaltung hochentwickelt sind und konstruktiv zusammenarbeiten.

Mit durchschnittlich 23 Milchkühen und 106 Schweinen je Betrieb liegt Deutschland deutlich unter der Zahl der Wettbewerber der EU. Diese strukturellen Defizite wirken auf die Produktionskosten. In den kommenden Jahren findet ein deutlicher Strukturwandel statt, und die Prognosen sprechen davon, daß ca. 40 % der Betriebe ausscheiden und deutlich größere Betriebseinheiten entstehen, die mit den vor- und nachgelagerten Bereichen eng zusammenarbeiten. In der Milchviehhaltung betreiben heute Familienbetriebe mit 100 Milchkühen noch wettbewerbsfähige Einheiten. Zukünftig werden Spezialbetriebe mit 300 Kühen, 300 ha je nach Standort und mit Lohnarbeitskräften die Milchproduktion bestimmen. In der Schweineproduktion betreut heute eine Arbeitskraft 200 Sauen, Bestandsgrößen von 400 bis 500 Sauen mit Lohnarbeitskräften etablieren sich und die ab 1. 2. 1997 definierten Betriebsobergrenzen von 750 Sauen und 2000 Mastplätzen werden den Strukturwandel noch erleichtern.

Derartige Veredelungsbetriebe benötigen optimale Technologien zur Steigerung der Produktivität, Verbesserung der Tiergesundheit und Minimierung der Umweltbelastungen. Ihre Tagung mit den Arbeitssitzungen Milchvieh-, Schweinehaltung, Arbeitswirtschaft, Automatisierung und Emissionen kann dazu beitragen, daß die Nutztierhaltung und damit Landwirtschaft weiterhin ein wettbewerbsfähiger Betriebszweig bleibt.

Ich wünsche Ihnen eine gute Tagung, fruchtbare Diskussionen, in den Pausen und an der Abendveranstaltung eine Vertiefung der persönlichen Kontakte.

Fühlen Sie sich wohl in Kiel.

Klimatische Einflüsse auf das Verhalten von Milchkühen im Offenfronttretmiststall

AMON, TH. [1)], HINTERHOLZER, G. [1)], BOXBERGER, J. [1)], HAIDN, B. [2)]

[1] o.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.Dr. Josef Boxberger, Dr. Thomas Amon, Günther Hinterholzer, Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Wien

[2] Dr. Bernhard Haidn, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Abteilung Bauwesen und Technik in der Tierhaltung, Vöttingerstr. 36, D- 85350 Freising

1 Einleitung und Problemstellung

Offenfrontställe führen zu einer Reduzierung des Investitionsbedarfes, weil die Stallhülle einfach und kostengünstig erstellt werden kann. Abwechslungsreiches Stallklima fördert die natürlichen Anpassungs- und Wärmeregulationsmechanismen der Rinder (HAIGER, STORHAS, BARTUSSEK 1988), es kommt den Bedürfnissen der Tiere entgegen. Auf die richtige Ausführung wichtiger stallbaulicher Details wie z.B. der richtigen Liegefläche oder des Wind- und Witterungsschutzes muß allerdings geachtet werden.

Rinder sind gegenüber Temperatur- und Klimaeinflüssen vergleichsweise tolerant. Die thermoneutrale Zone liegt zwischen 0 und 25 °C, bei einer rel. Luftfeuchte von 60 - 80 % und einer Luftbewegung von 0,1 m/s - 0,3 m/s (BARTUSSEK 1985, BIANCA 1977, NICHELMANN 1971, ZEEB 1978). Unter Bedingungen der thermischen Behaglichkeit werden in der Regel auch die höchsten wirtschaftlichen Leistungen erzielt. (NICHELMANN 1968, WATHES & CHARLES 1994). Das Zusammenspiel zwischen Umgebungstemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit sowie der Wärmestrahlung aus der Mistmatratze bestimmten die Klimawirkung für die Tiere.

Rinder haben unterschiedliche Möglichkeiten, auf klimatische Gegebenheiten zu reagieren (LASSON 1976, BIANCA 1979). Kurzfristige Thermoregulationsmöglichkeiten liegen im physiologischen und ethologischen Bereich. Darüber hinaus paßt sich der Organismus durch Akklimatisation (strukturelle Thermoregulation) längerfristig an Sommer- und Winterklima an (z.B. durch Haarkleidwechsel). Von allen Regulationsmaßnahmen setzt zuerst die „ethologische Thermoregulation" ein (BIANCA 1977). Dabei versuchen die Tiere für sie ungünstige Klimabedingungen durch entsprechendes Verhalten auszugleichen. Oft wird eine verstärkte Gruppenbildung zur Verringerung der freien Körperoberfläche und Reduzierung der Wärmeabgabe beobachtet. Die Gruppenbildung wird auch als „soziale Thermoregulation" bezeichnet. Nach GRAUVOGEL (1983) leiden die Rinder eher unter zu großer Wärme als unter Kälte.

Das Tierverhalten ist frühzeitig erkennbar und gut zu bestimmen. Es kann als Indikatorparameter dienen, um Rückschlüsse auf die Qualität des Stallklimas zu ziehen.

Bei tiefen Umgebungstemperaturen senken die Rinder die Hauttemperatur und reduzieren damit die Wärmeabgabe an die Umwelt (LASSON 1976, NICHELMANN 1971). Am Euter sind diese thermoregulatorischen Möglichkeiten sehr begrenzt.

Daraus ist abzuleiten, daß dem Euter bei tiefen Umgebungstemperaturen durch Luftströmungen Wärme entzogen wird, was zu einer partiellen Unterkühlung führen kann.



Abb. 1: Thermoregulationsmechanismen beim Rind

In Bayern liegt die mittlere minimale Wintertemperatur zwischen -10 und -16 °C . Die mittlere maximale Sommertemperatur liegt zwischen 24 und 26 °C (DIN 18910). Temperaturextreme gehen über die genannten Durchschnittswerte hinaus. Falls diese Temperaturbereiche sich in Außenklimaställe übertragen, ist davon auszugehen, daß der thermoneutrale Bereich bzw. die Behaglichkeitszone der Rinder sowohl im Winter als auch im Sommer überschritten werden. Es stellt sich deshalb die Frage, wie Rinder durch ihr Verhalten wechselnde Stallklimabedingungen ausgleichen und ob die thermoregulatorischen Möglichkeiten ausreichen, um Wetterextreme zu kompensieren.

2 Zielstellung

Das Ziel der Untersuchung war es, den Einfluß des Außenklimas auf das Tierverhalten zu bestimmen, um daraus baulich-technische Erfordernisse für Außenklimaställe abzuleiten. Hierzu wurden folgende Fragestellungen untersucht:

- Beeinflussen die Stalltemperatur, die Luftbewegung im Stall und die Oberflächentemperatur der Mistmatratze das Liege, Steh- und Gehverhalten der Kühe?
- Werden Stallbereiche bevorzugt aufgesucht oder gemieden?
- Sind die Kühe in der Lage, sich änderndes Stallklima durch Anpassen des Liege- und Stehverhaltens auszugleichen?
- Welche baulichen Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit Außenklimaställe für die Praxis empfohlen werden können?

3 Material und Methode

Die Untersuchungen zur Wirkung des Außenklimas auf das Tierverhalten im Offenfronttretmiststall wurden in einem landwirtschaftlichen Betrieb in Nordbayern durchgeführt. Der Betrieb wurde ausgewählt, weil die Arbeitsgruppe Tierhaltung der Landtechnik Weihenstephan dort bereits Untersuchungen durchführt. Dadurch wird die Einordnung der gewonnenen Ergebnisse in den bestehenden Erkenntnistand sehr gut möglich.

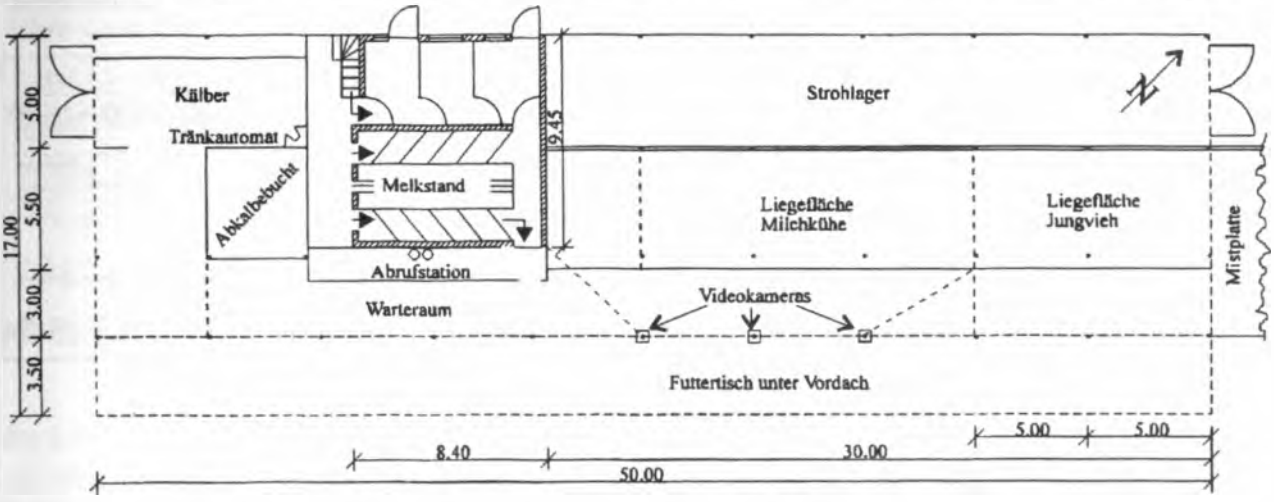


Abb. 2: Stallgrundriß des Offenfrontretmiststalles mit Kameraposition

Den Tieren stand im Mittel eine Liegefläche von 5,12 m^2/Kuh zur Verfügung. Die Bewegungsfläche des Laufbereiches lag bei 2,45 m^2/Kuh. Insgesamt wurde in der Versuchsherde an zwei Tagen mit jeweils kaltem und warmen Wetter am 05. März und am 29. April 1995 beobachtet. Die Registrierung des Verhaltens erfolgte mit Videotechnik. Das Beobachtungsintervall wurde auf fünf Minuten festgelegt.

Als Merkmale für das Tierverhalten wurden die Verhaltensweisen, „Liegen", „Stehen/Gehen", „Trinken" und „Fressen" nach der Zeitdauer erfaßt. Das Verhalten wurde dabei differenziert nach den Orten „Liegebereich", „ Laufbereich", „Freßbereich", sowie dem „Tränkebereich" gegliedert, wobei der Liegebereich in eine obere, mittlere und untere Zone mit jeweils 13 Segmenten unterteilt wurde.

Zu Beginn der Versuchsperioden wurden die Windgeschwindigkeit in ca. 50 cm über der Liegeoberfläche in 39 Segmenten erfaßt. Gleichzeitig wurde die Oberflächentemperatur der Mistmatratze gemessen. Der Verlauf der Stallinnen- und Außentemperatur wurde im 48-Minutenintervall kontinuierlich im Tagesablauf aufgezeichnet.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Außen- und Stallklima

Der Verlauf der Außentemperatur weist ausgeprägte Tagesgänge auf (Abbildung 3). Die Stallinnentemperatur folgt dabei zeitlich dem Verlauf der Außentemperatur, wobei Temperaturextreme gedämpft sind. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch STOERKLE (1963) und HAIDN ET AL. (1996). Mit sinkender Außentemperatur wird der Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur größer.

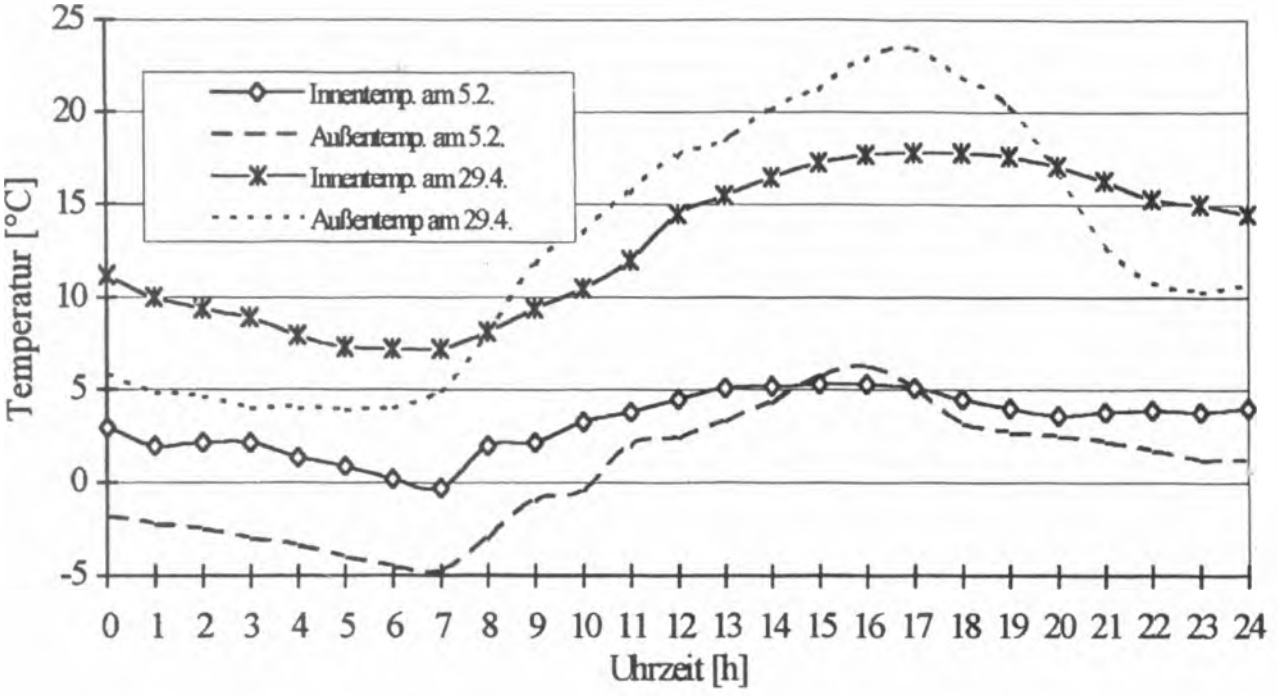


Abb. 3: Verlauf der Stallinnen- und Außentemperatur am warmen und kalten Tag

Die durchschnittliche Außentemperatur betrug am ersten Versuchstag 0,5 °C. Am zweiten Versuchstag betrug sie 12,5 °C. Der Unterschied war hoch signifikant (T-Test$_{\alpha\ 5\%}$; $P \leq 0{,}001$).

Die durchschnittliche Innentemperatur betrug am ersten Versuchstag 3,2 °C. Am zweiten Versuchstag lag sie bei 12,9 °C. Der Unterschied war ebenfalls hoch signifikant (T-Test$_{\alpha\ 5\%}$; $P \leq 0{,}001$).

Die mittlere Mistmatratzentemperatur der gesamten Liegefläche lag am warmen Tag mit durchschnittlich 30,4 °C signifikant über der des kalten Tages mit 19,2 °C (T-Test$_{\alpha\ 5\%}$; $P \leq 0{,}001$). Wobei an beiden Versuchstagen die Oberflächentemperatur von der oberen Liegezone, die auch eingestreut wurde zur unteren Zone hin abnahm (LSD-Test$_{\alpha\ 5\%}$; $P \leq 0{,}001$).

Aus früheren Untersuchungen ist bekannt daß durch mikrobielle Umsetzungsvorgänge in der Mistmatratze eine Kerntemperatur von 35 - 45 °C entsteht (BOXBERGER ET AL. 1991, HAIDN ET AL. 1996). An der Oberfläche kommen i.d.R. 20 bis 25 °C vor (WLCEK 1994). Im Bereich von 10 bis 15 cm über der Mistmatratze bilden sich, bedingt durch die Wärmestrahlung der Mistmatratze, im Vergleich zur Stallinnentemperatur erheblich höhere Temperaturen aus. Auf der Liegefläche entsteht somit ein eigenes Mikroklima, das im Winter einen wirksamen Schutz vor erhöhter Wärmeableitung insbesondere für den sensiblen Bereich des Euters bietet. Im Sommer kann unter diesen Umständen die Körperwärme über dem Ruhelager nicht genügend abgeführt werden.

Tab. 1: Mittlere Luftbewegung über den Zonen der Mistmatratze bei kaltem und warmen Wetter

Liegeflächenzone	Mittlere Luftbewegung [m/s] am...	
	kalten Tag (∅ 0,5 °C)	warmen Tag (∅ 12,5 °C)
oben (n = 13)	0,56[a)]	0,31
mitte (n = 13)	0,85[b)]	0,39
unten (n = 13)	0,92[b)]	0,43
(LSD-Test $_{\alpha = 5\,\%}$)	*	n.s.

***: $P \leq 0{,}001$ **: $0{,}01 \geq P > 0{,}001$ *: $0{,}05 \geq P > 0{,}01$

n.s.: nicht signifikant

Im Liegebereich betrug die mittlere Luftbewegung am kalten Tag 0,78 m/s. Am warmen Tag wurden durchschnittlich 0,38 m/s gemessen. Der Unterschied war signifikant (T-Test $_{\alpha = 5\,\%}$; $P \leq 0{,}001$).

Im vorderen Segment der Liegefläche, im Anschluß an die Entmistungsfläche tritt jeweils die höchste Luftbewegung auf. Insgesamt nahm die Luftbewegung vom oberen-hinteren, zum vorderen-unteren Liegebereich hin zu. Höhere Luftbewegung im Stall führt zu einer stärkeren Differenzierung zwischen den verschiedenen Zonen der Liegefläche (Tabelle 1)

4.2 Tierverhalten

Die Aktivitätsmuster weisen an beiden Versuchstagen eine ähnliche Struktur auf. Der relative Herdenanteil nimmt für das Liegen 60,0 bis 64,0 % des Hauptanteil der Tageszeit in Anspruch. Für das Stehen/Gehen werden 25,5%, für das Fressen 12 % und für das Trinken 1,6 % der Tageszeit verwendet. Die Hauptruhephase beginnt am Abend nach dem Melken und Füttern und dauert bis zum Beginn der morgendlichen Stallarbeit. Das Fressen wird vor allem durch das Fütterungsregime beeinflußt. Hauptfreßphasen liegen nach dem Morgen- und Abendgemelk. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch BRANDMAIER (1991) und HUBER (1993).

Auf der Liegefläche wurden die Tieraktivitäten „Liegen „ und „Stehen/Gehen“ ebenfalls in drei Zonen zu je 13 Segmenten im 5 Minuten Beobachtungsintervall nach dem Ort und der Tagesperiodik erfaßt (Abbildung 4). Aus dem Liege- und Stehverhalten können Rückschlüsse auf die Attraktivität und Behaglichkeit der verschiedenen Segmente der Liegefläche gezogen werden, weil eine Zuordnung zwischen Oberflächentemperatur der Mistmatratze und der Luftgeschwindigkeit im Tierbereich mit der Liege- und Stehdauer möglich ist. Die Einstreumenge und -qualität war an beiden Tagen gleich, so daß Unterschiede im Liege- und Stehverhalten auf das vorherrschende unterschiedliche Stallklima zurückgeführt werden können.

Der obere Bereich der Mistmatratze ist entlang der schützenden Wand zum Strohlager und der Mauer des Melkstandes an beiden Versuchstagen eindeutig der bevorzugte Liegebereich (LSD-Test $_{\alpha = 5\,\%}$; $P \leq 0{,}001$). Diese Beobachtungen decken sich auch mit den Angaben von BOXBERGER ET AL. (1991), BRANDMAIER (1993) und HUBER (1993).

Am kalten Tag liegen die Kühe mit durchschnittlich 18,0 Min/Kuh/Tag/Segment etwas länger als am warmen Tag mit 15,6 Min/Kuh/Tag/Segment auf der Liegefläche. Der Unterschied ist nicht signifikant.

Im oberen Liegebereich beträgt die durchschnittliche Liegezeit am warmen Tag 32 Min/Kuh/Tag/Segment. Wohingegen die Kühe am kalten Tag in dieser Zone 35 Min/Kuh/Tag/Segment liegend verbringen.

Im Vergleich zur oberen Zone des Liegebereiches ist die Liegezeit in der mittleren Zone nur noch halb so lange. Sie unterscheidet sich am kalten Tag mit 18,2 Min/Kuh/Tag/Segment signifikant vom warmen Tag mit 12,9 Min/Kuh/Tag/Segment (T-Test; $0,05 \geq P > 0,01$). Der untere Liegebereich wird in beiden Fällen nahezu nicht zum Liegen genutzt.

Bei gleicher Qualität der Liegefläche liegen die Kühe am kalten Tag dichter und länger in der oberen und mittleren Liegezone zusammen. Wohingegen am warmen Tag die Milchkühe sich zum Liegen gleichmäßiger auf der gesamten Liegefläche verteilen. Insgesamt bevorzugen die Kühe Segmente der Liegefläche, die sich durch niedrige Luftströmungsgeschwindigkeiten auszeichnen, sauber und eingestreut sind. Bei niedriger Stalltemperatur werden Stellen der Mistmatratze mit höherer Oberflächentemperatur zum Liegen bevorzugt aufgesucht.

Am kalten Tag stehen oder gehen die Kühe länger auf der Mistmatratze (4,63 Min/Tier/Tag/Segment) als am warmen Tag (2,92 Min/Tier/Tag/Segment) (T-Test; $0,01 \geq P > 0,001$).

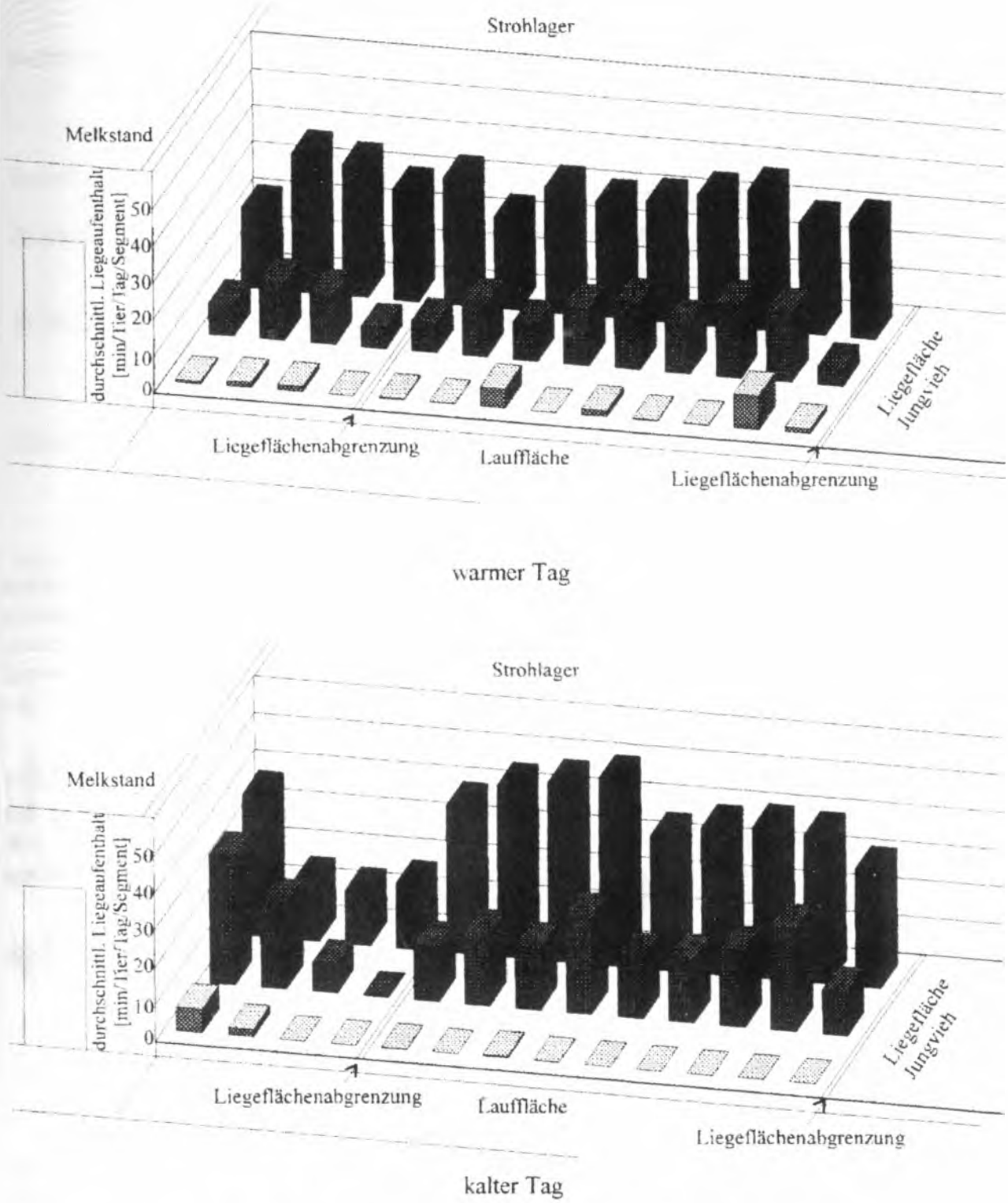


Abb. 4: **Liegeaufenthalt der Tiere in den verschiedenen Segmenten der Liegefläche**

Aus dem Steh- und Liegeverhalten läßt sich ableiten, daß die Kühe bei Kälte die Strahlungsenergie aus der Mistmatratze als indirekten Faktor für die körpereigene Thermoregulation ausnützen. Zudem suchen sie windgeschützte Orte auf. Wie Tabelle 2 zeigt ist das Stehen/Gehen im oberen Liegebereich nur begrenzt möglich. Dieser Bereich wird fast ausschließlich zum Liegen benutzt. Die Kühe stehen am kalten Tag mehr auf den unteren Zonen der Liegefläche.

Tab. 2: Durchschnittliche Stehzeit in der oberen, mittleren und unteren Zone der Liegefläche

Liegeflächenzone	Mittlere Stehzeit auf der Liegefläche [Min/Tier/Tag/Segment] am ...	
	kalten Tag (∅ 0,5 °C)	warmen Tag (∅ 12,5 °C)
oben (n = 13)	2,22[a)]	4,32[a)]
mitte (n = 13)	6,32[b)]	2,95[b)]
unten (n = 13)	5,35[b)]	1,50[c)]
(LSD-Test $\alpha = 5\%$)	***	***

***: $P \leq 0{,}001$ **: $0{,}01 \geq P > 0{,}001$ *: $0{,}05 \geq P > 0{,}01$

n.s.: nicht signifikant

5 Schlußfolgerung

• Unter den im Versuch gegebenen Bedingungen konnten die Milchkühe durch gezieltes Anpassen des Liege- und Stehverhaltens („ethologische Thermoregulation") wechselndes Stallklima ausgleichen. Dabei lag der Verhaltensablauf für das Stehen, Liegen, Fressen, Trinken im Bereich der aus der Literatur bekannten Bandbreite. Daraus kann abgeleitet werden, daß unter den vorliegenden Bedingungen der Offenfronttretmiststall die thermoregulatorischen Möglichkeiten der Tiere nicht überfordert.

• Die gesamte Liegefläche sollte windgeschützt und zugluftfrei ausgeführt sein und allen Tieren der Herde ausreichend Platz bieten. Das kann durch eine entsprechende Strukturierung des Stalles erfolgen, wie z.B. schützende Wände des Melkstandes und der Abtrennung der Liegefläche zum Strohlager. Die Anbringung eines Windschutzes mit ausreichendem Windbrechungsfaktor an der offenen Stallseite kann vor allem im Winter sinnvoll sein.

• Die Ableitung der Körperwärme sollte durch Anbieten eines zusätzlichen Auslaufes vor allem im Sommer unterstützt werden.

6 Zusammenfassung

Im Offenfronttretmiststall treten im Sommer und Winter Temperaturextreme auf. Die richtige Ausgestaltung der Liegefläche und des Wind- und Witterungsschutzes ist deshalb für das Wohlbefinden der Tiere ausschlaggebend. Anhand von Videobeobachtungen wurde der Einfluß des Außenklimas im Offenfronttretmiststall auf das Tierverhalten untersucht. Wechselndes Stallklima glichen die Kühe durch gezieltes Anpassen des Liege- und Stehverhaltens aus. Genügend Einstreu und ausreichender Platz im Liegebereich ermöglichen das Anpassungsverhalten und sind deshalb zusammen mit geeigneten Windschutzeinrichtungen wichtige Bestandteile für eine tiergerechte Milchviehhaltung im Offenfronttretmiststall.

7 Literatur

BARTUSSEK, H. (1985): In: Tierzuchtseminar vom 13. bis 15. Mai 1985 und Tierzuchttagung vom 11. bis 12. Juni 1985 an der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning, S. 145 - 163

BIANCA, W. (1979): „Nutztier und Klima", In: Der Tierzüchter, 31/5, S. 188 -192

BIANCA, W. (1977): „Temperaturregelung durch Verhaltensweisen bei Haustieren", In: Der Tierzüchter, 29/3, S. 109 - 113

BOXBERGER, J., RITTEL, L., POPP. L. (1991): „Forschungsergebnisse und Erkenntnisse zur tiergerechten Milchviehhaltung", In: Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 125, Braunschweig, S.129 - 140

BRANDMAIER, G. (1991): „Einfluß des Zweiraum-Tretmiststalles auf das Verhalten von Milchkühen im Vergleich zum Liegeboxenlaufstall", Diplomarbeit TU München-Weihenstephan

HAIDN, B., SCHÜRZINGER, H., KRAMER, A., CHRISTL, S., HUBER, S. (1996): „Vergleich kostengünstiger und tiergerechter Laufställe für Milchvieh mit Einstreu", Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der TU München-Weihenstephan

HAIGER, A., STORHAS, H., BARTUSSEK, H. (1988): „Naturgemäße Viehwirtschaft", Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1988

HUBER, S. (1993): „Einfluß des Offenfront-Tretmiststalles auf das Verhalten von Milchkühen", Diplomarbeit TU München-Weihenstephan, 1993

LASSON, E. (1976): „Wärmeleitfähigkeit von Liegeflächen und Thermoregulation beim Rind", In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Nutztierhaltung, KTBL-Schrift 223, 1976. S.62 - 77

NICHELMANN, N. (1968): „Temperatur und Leben"; Aulis Verlag, Köln

NICHELMANN, N. (1971): „Der Wärmehaushalt beim Rind", In: Wärmehaushalt landwirtschaftlicher Nutztiere, VEB G. Fischer Verlag, Jena

STOERKLE, F. (1963): „Die Haltung von Milchkühen im offenen Laufstall", Dissertation, Universität Hohenheim

WATHES, C.M., CHARLES, R. (1994): „Livestock housing", Verlag CAB International, Wollingford

WLCEK, S. (1994): „Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit von Tretmistställen für Milch- und Mutterkühe", Diplomarbeit am Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur, Wien

ZEEB, K. (1978): „Klima-Wahlverhalten bei Rindern", In: Tierärztliche Umschau, 33, Konstanz 1978, S. 685-693

Abrufstationen für Kraftfutter in der Kälberaufzucht

BÜSCHER, WOLFGANG[1]; UTE BIESINGER[2]

[1] Institut für Agrartechnik und Landeskultur der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Straße 81, 06108 Halle (Saale)

[2] Diplomandin am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70 593 Stuttgart

1 Einleitung

Abrufstationen für die Kraftfuttergabe sind für die Gruppenhaltung von Milchvieh und Sauen seit vielen Jahren bekannt. Auch die Abrufstationen für die Tränke finden immer größere Verbreitung für Gruppenhaltungssysteme in der Kälberaufzucht. Sehr aktuell sind Entwicklungen zur einzeltierspezifischen Kraftfuttervorlage bei Kälbern mit dem Ziel, eine individuelle Entwöhnung des Kalbes einzuleiten, wenn ein Schwellenwert für den Kraftfutterverzehr überschritten wird. Im Rahmen einer Diplomarbeit sollte überprüft werden, ob diese Stationen technisch ausgereift sind und ihr Einsatz wirtschaftlich ist.

2 Grundüberlegungen und Funktionsprinzip der Abrufstationen

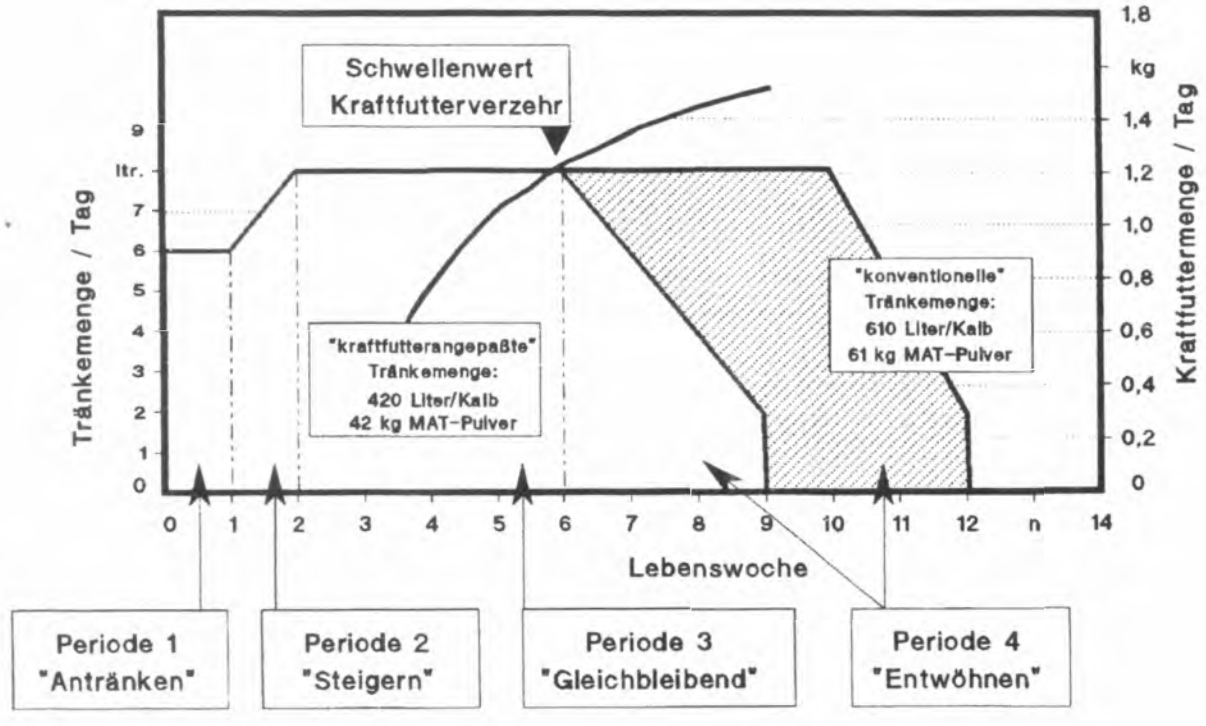


Abb. 1: Standardtränkeplan und Einsparungspotential an Milchaustauschpulver

Die Grundüberlegung für die Entwicklung von Abrufstationen für Kraftfutter in der Kälberaufzucht war der Ansatz, "teures" Milchaustauscher durch kostengünstigere Futtermittel aus der Kälberaufzucht zu verdrängen bzw. möglichst gleichwertig zu ersetzen (Abb. 1). Bezogen auf den Energiegehalt ergibt sich unter derzeitigen Rahmenbedingungen eine Kostenrelation von 6:2:1 zwischen Milchaustauscher, Kraftfutter zur Kälberaufzucht und Heu. Durch eine frühzeitige Kraftfutter- bzw. Rauhfutteraufnahme soll die Entwicklung des Vormagensystems gefördert und ausgenutzt werden.

Die von der Firma Förster-Technik entwickelten Abrufstationen stellen eine Erweiterung der Mechanisierung von Routinearbeiten in der Kälberaufzucht dar. Darüber hinaus sollen Informationen über die tierspezifische "Rauhfutteraufnahme" ermittelt werden. Die Geräte sind wie die bekannten Warmtränkeautomaten speziell an das Futteraufnahmeverhalten der Kälber angepaßt. Die Abrufstationen haben keine eigene Steuerung. Sie müssen mit dem Prozeßrechner eines "stand alone" Tränkeautomaten der Firma Förster verbunden sein.

Eine Schnecke transportiert pelletiertes Kraftfutter, grob geschrotetes oder gequetschtes Getreide aus dem Vorratsbehälter in die Futterschale (Abb. 2) sobald ein Tier mit Futteranspruch die Station betritt. Die Kraftfuttervorlage erfolgt dabei nicht kontinuierlich sondern in kleinen Portionen. Ein Kontaktschalter in der Freßschale gibt die nächste Portion erst frei, wenn die Trogschale entleert ist und verhindert so eine unerwünschte Zuteilung. Hierdurch sollen Reste in der Futterschale und Fehlinformationen über den Verzehr einzelner Tiere vermieden werden. Die Daten jedes Einzeltiers werden an den Prozeßrechner des Tränkeautomaten übertragen und aufgezeichnet. Die Zuteilung kann bis auf wenige Gramm eingestellt werden. Vor der Inbetriebnahme und in regelmäßigen Abständen sind Kalibrierungen der Zuteilorgane für das aktuell verwendete Futter notwendig.

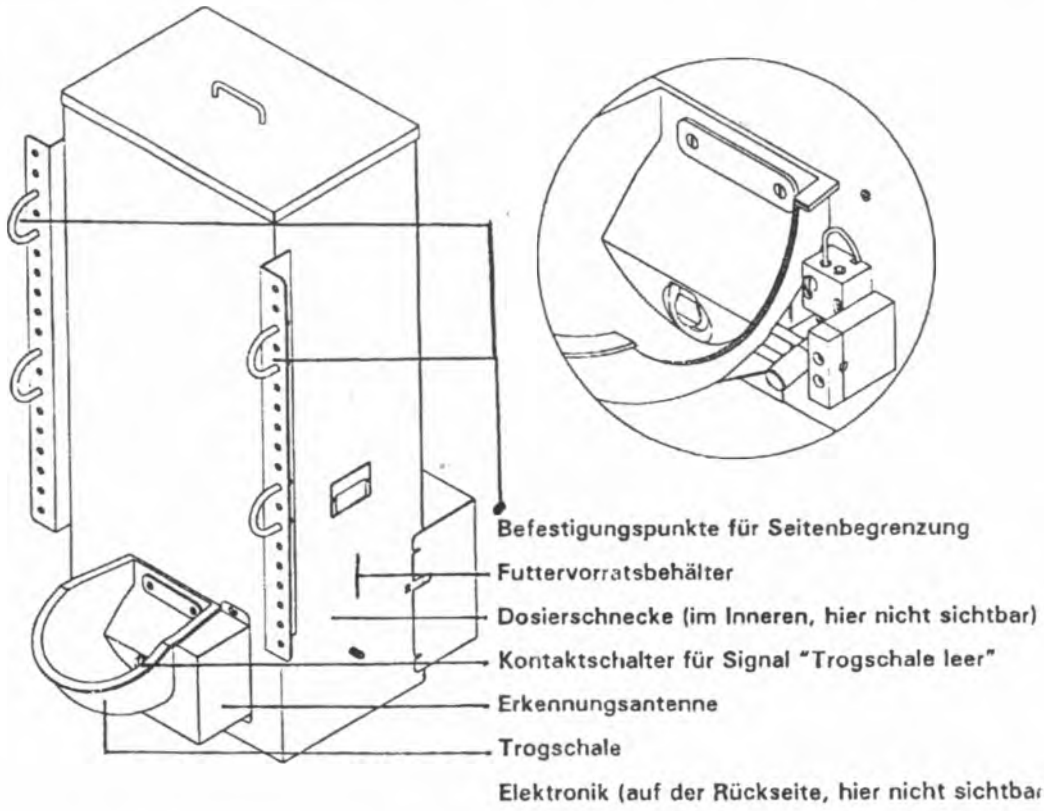


Abb. 2: *Aufbau der untersuchten Kraftfutter-Abrufstation für Kälber (Werkbild Firma Förster-Technik)*

3 Material und Methode

Auf dem "Meiereihof" (Versuchsstation 1 der Universität Hohenheim) wurden 23 schwarzbunte Kälber mit Hilfe der beschriebenen Abrufstation in Kombination mit einem vorhandenen Tränkeautomaten aufgezogen. Die Tiere wurden unverändert in einem frei belüfteten Altgebäude mit "spaceboard"-Zuluftführung auf Tiefstreu in Gruppen gehalten.

Um die Tauglichkeit der Abrufstationen zu prüfen und die Einsparungseffekte zu quantifizieren mußte das Fütterungsregime umgestellt werden. In der Ausgangssituation wurden die Kälber innerhalb von zwei Wochen auf eine maximale Milchmenge von acht Litern angefüttert (Abb. 1). Nach der zehnten Lebenswoche wurde innerhalb von zwei Wochen die Milchmenge von acht auf zwei Liter reduziert. Wasser, Kraftfutter und Heu standen ständig ad libitum zur Verfügung. Durch den kontinuierlichen Kälberanfall wurden sukzessive vier Gruppen mit mindestens fünf Kälbern gebildet in denen folgende Fütterungsvarianten untersucht wurden:

- max. Tränke 8 Liter; Abtränkebeginn bei 1000 g Kraftfutteraufnahme
- max. Tränke 8 Liter; Abtränkebeginn bei 700 g Kraftfutteraufnahme
- max. Tränke 6 Liter; Abtränkebeginn bei 1000 g Kraftfutteraufnahme
- max. Tränke 6 Liter; Abtränkebeginn bei 700 g Kraftfutteraufnahme

4 Ergebnisse

Alle Tiere haben die Abrufstationen problemlos akzeptiert. Die Abrufstationen für Kraftfutter hatten während der Versuchsdauer keine Funktionsstörungen oder gar Ausfälle. Besonders bei sehr jungen Kälbern kam es zu Beginn der Versuche gelegentlich zur Bildung von Futterresten in der Schale. Dies mußte regelmäßig kontrolliert und gfs. von Hand beseitigt werden.

Die Aussagekraft der Ergebnisse muß unbedingt im Zusammenhang mit dem geringen Stichprobenumfang (23 Kälber) gesehen werden. Es ergaben sich leider innerhalb der Gruppen hohe individuelle Unterschiede zwischen den Tieren, was darüber die Gruppenvergleichbarkeit und die allgemeingültige Aussagefähigkeit der Ergebnisse einschränkt.

Trotz dieser Einschränkungen lassen sich tendenziell folgende Zusammenhänge ableiten:

- Die verschiedenen Schwellenwerte führten zu unterschiedlichen Reaktionen bei den Tieren.
- Je weniger Milch zur Verfügung steht, umso früher beginnt die Pansenentwicklung bzw. steigt die Kraftfutteraufnahme an (Hunger bzw. Energiedefizit). Umso größer ist auch der Einsparungseffekt an Milchaustauscher (Tab. 1).
- Die gering mit Milch versorgten Tiere (max. 6 Liter Milch pro Tag) machten bis zum Erreichen des Kraftfutterschwellenwertes einen hungernden, eher unterversorgten (optisch gewöhnungsbedürftigen) Eindruck.
- Bei "knapper" Milchversorgung sollte ein hochwertiges Milchaustauscherpulver verwendet werden und nicht auch noch an dieser Kostenschraube gedreht werden.
- Die täglichen Zunahmen sind bei geringer Milchversorgung und früher Kraftfutteraufnahme wesentlich geringer als bei Standardfütterung (Tabelle 1).
- Ob die Entwöhnung mit 700 oder 1000g Kraftfutterschwellenwert erfolgt ist zweitrangig, da die Kraftfutteraufnahme in diesem Fütterungsabschnitt nahezu linear ansteigt. Die Schwellenwerte führen lediglich zu einer Verschiebung des Entwöhnungsbeginns um wenige Tage.

Tab. 1: *Wesentliche Kenngrößen und Ergebnisse der Untersuchung zum Einsatz von Kraftfutter-Abrufstationen für die Kälberaufzucht (Kraftfutterkosten: 0,48 DM/kg, Milchaustauscher: 2,40 DM/kg, Geburtsgewicht der Kälber wurde mit 40 kg angesetzt)*

	Einheit	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Max. Milchmenge	ltr/Tag	8		6	
Kraftfutterschwelle Entwöhnungsbeginn	g/Tag	1000	700	1000	700
Alter beim Ende der Tränkeperiode	Tage	67	59	57	42
MAT-Menge (relativ)	kg %	44,4 **100**	38,2 **- 14**	29,3 **- 34**	20,8 **- 53**
Tägliche Zunahme	g/Tag	766	693	655	545
Futterkosten je Kalb bis zur Entwöhnung (relativ)	DM %	127,- **100**	107,- **- 16**	87,6 **- 31**	67,8 **- 49**
Futterkosten je kg Zuwachs	DM	2,49	2,68	2,46	2,96

5 Konsequenzen und Ausblick

Die Frühentwöhnung mit Hilfe der beschriebenen Kraftfutter-Abrufstation ist technisch ausgereift und ernährungsphysiologisch möglich. Sie ist in der Zwischenzeit technisch zur Serienreife gebracht worden und wird z. Zt. im größeren Maßstab getestet. Die Technik ist allerdings nicht für alle Betriebstypen gleichermaßen interessant. Für die arbeitsteilige Aufzucht (z. B. Fresserproduktion) mit hohen anzustrebenden Tageszunahmen wird das Verfahren aufgrund der geringeren Leistungen wahrscheinlich auf wenig Interesse stoßen. Für Milchviehbetriebe, die weibliche Kälber für die eigene Nachzucht benötigen und Rindermastbetriebe, die selber Kälber aufziehen, ist dagegen die Abrufstation für Kraftfutter sehr gut geeignet und wirtschaftlich sinnvoll.

Daß die Kälber in der Lage sind, die geringeren Tageszunahmen zu einem späteren Zeitpunkt auszugleichen (kompensatorisches Wachstum), wird angenommen; allerdings muß dieser Aspekt noch durch Langzeituntersuchungen belegt werden. Unterstellt man einen Einsparungseffekt von etwa 30,- DM je aufgezogenes Kalb sowie Investitionskosten für eine Abrufstation von ca. 5400,- DM (incl. MwSt.) erreicht man bei 10-jähriger Abschreibung bereits ab etwa 20 aufgezogenen Kälbern pro Jahr die Rentabilitätsschwelle für das Verfahren.

Literatur:

BIESINGER, U. (1996): Abrufstationen für Kraftfutter zur Frühentwöhnung von Aufzuchtkälbern. Diplomarbeit, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim

Effects of sprinkler and fan cooling system for Holstein cows on physiological parameter and milk production in Korea

Chung, T. Y., H. M. Lee, C. M. Kim, D. I. Kim and I. H. Lee

Animal Resources Research Center, College of Animal Husbandry
Kon-Kuk University, Seoul, Korea

Abstract

Lactating Holstein cows were assigned to one of two sections of open-sided loose barn. Sprinklers and fans were installed in the treatment group.

No significant difference in meteological data was found between control and fan +sprinkler system. Skin temperature and rectal temperature of the treatment group were significantly($P<0.05$) lower than those of the control(32.96: 39.53℃ vs 34.02:41.21℃, respectively). Blood cortisol concentration was significantly lowered in the treatment group than the control.

Average daily milk production for the cows cooled by sprinkler and fan was 25.87kg versus 23.66kg for uncooled cows($P<0.01$). No statistically significant differences were found in fat, lactose, protein and solid-not-fat content of milk. Somatic cell counts was 336,500/㎖ in the control and 246,909/㎖ in the treatment group.

I . Introduction

Korea is situated in a transitional zone between the continental climate of inner Asia and marine tropical monsoon climate. The interaction of both weather systems results in four distinct seasons. In summer months(June-August), the humid and warm air originating from tropical regions of the east China sea is dominating the weather conditions. Sometimes the temperature rises above 30℃ and the relative humidity to above 90% during the summer months.

Exposure of dairy cows to ambient temperature above thermoneutrality has an adverse effect on performance(Collier et al, 1982).

A variety of methods have been developed to modify the cow's environment to reduce heat stress, and thereby increase milk production and reproductive efficiency. These methods include shade structures, inspired air cooling, mist or fog cooling systems, air conditioning, forced ventilation, and sprinkler and fan evaporative cooling systems(Means et al, 1992). In hot, humid climates, the sprinkler and fan cooling system combined with adequate shade and ventilation is a cost effective system to reduce heat stress for dairy cows(Bucklin et al, 1991). Cow cooled with a sprinkler and fan cooling system produced 11.6% more milk than control cows under the same shade structure(Strickland et al, 1989), and similler results were reported by Turner et al(1992), Igno et al(1987) and Flamenbaum et al(1986).

Eventhough many dairy farmers have greatly suffered from economic loss due to heat stress during summer, they could not find appropriate method to cope with the situation. The objective of this study was to determine a most cost effective facility to lessen heat load to lactating dairy cows in Korea.

Ⅱ. Materials and methods

The experiment was conducted at Sulsong dairy farm located in Ichon, Kyonggi province about 60 km south of Seoul from July 7 to August 23 in 1995.

Primi- and multiparous 84 Holstein milking cows that were average 189 days postpartum and produced 26.7kg milk per day, were devided randomly two groups according to stage of laction and daily milk production.

The experimental barns were devided into two equal sections providing 13.6㎡ surface area per cow with fence-line feed bunk. The roof was uninsulated slate. During summer, four sides of wall were open just like shade structure. The cows stayed in the feed barn during day time and leave the barn at night for dirt lots to get relief heat from the concrete.

Sprinkler and fans were installed in the treatment group as shown in Fig 1. Forced air was provided by 85cm diameter fans powered by 0.4kw(1hp) electric motors. Each fan delivered a free airflow of 3.4㎥/s. Five fans were hung 2.6m high above the stall floor, and each fan were spaced 14.4m, 9.6m, 9.6m and 9.6m, respectively. Low pressure, 360-degree spray nozzles with 5.6mm diameter orifices were used. The spray pattern overlapped to provide uniform coverage over the cow's back. The nozzles were mounted 2.35m above the stall floor and installed total 37 units with 1.2m apart between two nozzles. Each nozzle provided 1.8ℓ per

minutes. Water was applied for 10 min whenever the ambient temperature was above 27℃. And the timer was controlled by thermostat that shuts the sprinklers off below 27℃. Then the fans automatically turned on, and provides air on to the cow's hair coat for 20 min.

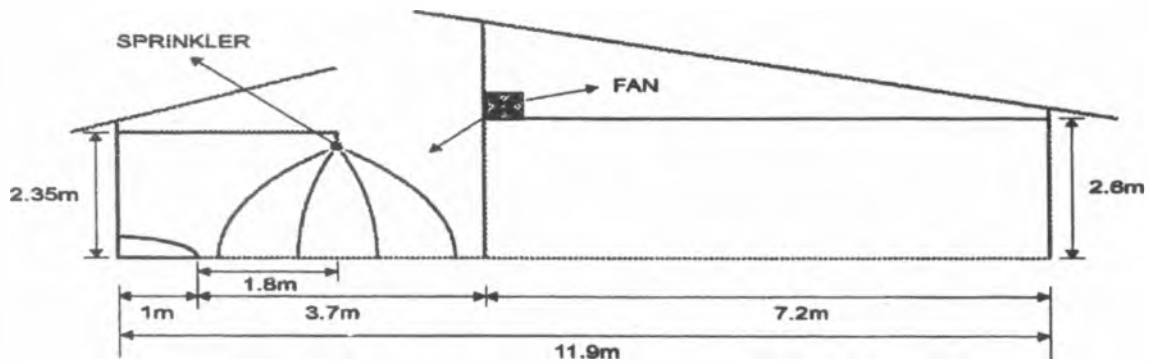


Figure 1. End view of barn

Total mixed ration consited of 50% corn silage and 50% concentrate mixtures were fed ad libitum in the feed bunk. The cows were milked at 4:00 AM and 4:00 PM at heringbone milking parlor(D-4).

Ambient dry-bulb temperature, relative humidity and dewpoint temperature were recorded 06:00, 12:00 and 15:00h at eight point(control 4; treatment 4) inside of the barn by digital thermo-hygrometer(Novasina MSI Set E, Sweden). Skin temperatures of the animal measured at the 6 points apart from 5cm from the skins at 3 PM by Infrared Thermometer CT-30(Japan). And mean skin temperature was calculated by the method of McLean(1983).

Data was analyzed using the appropriate models procedure of SAS package program. Duncan's Multiple Range Test(Steel and Torrie, 1980) and Student T-test were utilized to evaluate the data statistically.

Ⅲ. Results and Discussion

The dry-bulb temperature, relative humidity and dew point temperature during the experimental period are shown in Table 1. There were no significant differences of dry-bulb temperature and relative humidity between the control and the barn installed with fan and sprinkler. Igno et al(1987) reported that thermal environments

between shade and shade+spray+fan system group were similar. And they suggested the ability of animal to dissipate it's body heat to the environment may be attributable to the direct effect of the spray and fan treatment on the animal.

Table 1. Climatological data in the barn during experimental periods

Measurement	Control		Fan + Sprinkler		Outdoor	
	Mean	SE*	Mean	SE	Mean	SE
Dry Bulb temperature(℃)						
06:00h	24.43	0.04	24.58	0.05	24.41	0.05
12:00h	29.00	0.07	29.32	0.08	30.02	0.09
15:00h	30.15	0.06	30.40	0.06	30.91	0.06
Relative humidity(℃)						
06:00h	92.68	0.20	92.35	0.22	92.25	0.23
12:00h	75.99	0.30	74.56	0.33	70.78	0.37
15:00h	71.44	0.33	70.82	0.33	66.91	0.38
Dew point temperature(℃)						
06:00h	23.21	0.05	23.18	0.05		
12:00h	24.17	0.04	24.09	0.05		
15:00h	24.32	0.04	24.26	0.05		

* SE : Standard error.

The effects of fan+sprinkler on skin and rectal temperature, and blood cortisol concentration of Holstein cows are shown in Table 2. There were significant differences($P<0.05$) between the skin and rectal temperature of the treatment group and those of control groups in the loose barn. The mean rectal temperature were 41.21℃ and 39.53℃ for control and treatment group, respectively. These rectal temperature were higher than the range of normal temperature of 38~39.1℃ as given by Bianca(1968). Maximal rectal temperatures of cows in shade were greater than 39℃, but cows in the shade plus spray plus fan group had rectal temperatures below 39℃ all day(Igno et al, 1987).

Table 2. Physiological responses of Holstein cows cooled by fan+sprinkler

Physiological parameter	Control		Fan + Sprinkler	
	Mean	SE	Mean	SE
Skin Temperature(℃)	34.02^{a}	0.05	32.96^{b}	0.04
Rectal Temperature(℃)	41.21^{a}	0.04	39.53^{b}	0.02
Serum Cortisol(㎍/dL)	1.44^{a}	0.05	0.90^{b}	0.04

* ^{a,b} : Means in the same row with different superscripts differ significantly($P<0.05$)

Blood cortisol concentrations were 1.44㎍/dℓ and 0.9㎍/dℓ for the control and treatment group. Adrenal corticoids, mainly cortisol, elicit physiological adjustments which enable animals to tolerate stressful conditions(Christison and Johnson, 1972). In some studies, heat stress increased plasma glucocorticoids(Alvarez, 1968) and in others they are either decreased significantly(Lee et al, 1976; Collier et al, 1982) or not significantly affected(El Nouty et al, 1980; Chung et al, 1995). It can be concluded that plasma cortisol level increases during acute heat stress and decreases during the chronic phases(Habeeb et al, 1992). In this study the cows under the shade without other environmental control facilities might have been affected by acute heat stress.

As shown in Table 3, milk production was higher($P<0.01$) for cows exposed to sprinkler+fan as compared to the control. Strickland et al(1989) could increase milk yield by 11.6% when cooled with sprinkler and fan in the freestall barn. Other researchers also reported similar results(Turner et al, 1992; Flamenbaum et al, 1986). Maust et al(1972) reported that the largest depression of milk production occurred during mid-lactation, whereas Bober et al(1980) during late-lactation, which is similar to our study.

Table 3. Effect of fan+sprinkling in the loose barn on the milk production in Holstein cows

Weeks	Control		Fan + Sprinkler	
	Mean	SE	Mean	SE
0	26.84	0.35	26.51	0.32
1	23.68	0.22	25.41	0.34
2	25.20	0.49	27.26	0.41
3	25.14	0.35	26.31	0.42
4	21.35	0.42	24.65	0.49
Average(1~4 weeks)	23.66	0.38	25.87*	0.36

* : Differ significantly, $P<0.01$.

No significant difference in concentration of milk composition were detected(Table 4). In most experiments in which cows are heat stressed, concentrations of milk fat, protein, lactose and SNF decreased(Means et al, 1992; Habeeb et al, 1992). Strickland et al(1989) reported that milk protein content was increased from 3.39 to 3.51% by cooling with sprinkler and fan in the freestall barn. However, there were no significant differences in milk fat content between treatments and controls. The

decrease in yield and constituents of milk as a result of exposure to high environmental temperature might be due to the decline in protein, carbohydrate, lipid, mineral and vitamin metabolism which leads to a negative balance in nitrogen(Kamal et al, 1962), energy(McDowell et al, 1969) and minerals(Kamal et al, 1984) resulting in low protein turnover, less heat production and fewer minerals for biosynthesis of milk(Habeeb et al, 1992).

Table 4. Changes in milk composition and somatic cell count of Holstein cows in hot, humid climates

Item	Control		Fan + Sprinkler		Significance
	Mean	SE	Mean	SE	
Composition(%)					
Fat	3.22	0.06	3.37	0.05	NS[3]
Protein	3.14	0.02	3.03	0.02	NS
Lactose	4.53	0.02	4.57	0.03	NS
SNF[1]	8.38	0.04	8.32	0.04	NS
SCC[2](cell/㎖)	336,500	19,500	246,909	21,701	NS

[1] Solid not fat.
[2] Somatic cell count.
[3] NS : P>0.05.

Ⅳ. Summary and conclusions

A experiment was carried out to study the effect of sprinkler and fan cooling system on the physiological parameter, milk production and milk composition for Holstein cows in hot, humid climates. Water nozzles of sprinkler were spaced at 1.2m intervals and forced air was provided by 85cm diameter fans at rate of 3.4㎥/s. Skin and rectal temperature decreased from 34.02 and 41.21℃ to 32.96 and 39.53℃, respectively. Blood cortisol concentration decreased from 1.44 to 0.90㎍/dℓ. The cows cooled with sprinkler and fan produced more milk(25.87kg/d) compared to the control(23.66kg/d). Fat, lactose, protein and solid-not-fat contents of milk were not different between cooled and uncooled. Eventhough statistically no significant, somatic cell counts was lower for the cows cooled with fan+sprinkler.

Sometimes ambient temperature rises above 30℃ and relative humidity above 90% during summer. Therefore, dairy farmers try to reduce heat load by installing either shade in the outside of barns, or mechanical ventilation, or evaporative cooling

in barns.

The results of this study suggested that using a sprinkler and fan cooling system to cool lactating cows in a hot, humid climate was beneficial.

V. References

Alvarez, M. B.(1968) : Relation of environmental temperature to the activity of the adreno-sympathetic system of cattle. PhD. Thesis, University of Missouri, USA.

Bianca, W.(1968) : Thermoregulation in adaptation of domestic amimals, E.S.E. Hafez, ed. : Lea and Febiger, PA., 97-118.

Bober, M. A., B. A. Becker, S. E. Valtorta, P. Kratt, H. Mertsching, H. D. Johnson and M. D. Shanklin(1980) : The relationship of growth hormone and thyroxine to milk production under heat in Holstein cows. J. Anim. Sci. 51(suppl. 1), 261-268.

Bucklin, R. A., L. W. Turner, D. K. Beede, D. R. Bray and R. W. Hemkin(1991) : Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. Appl. Eng. Agric. 7, 241-247.

Christison, G. I. and H. D. Johnson(1972) : Cortisol turnover in heat-stressed cows. J. Dairy Sci. 35, 1005-1010.

Collier, R. J., D. K. Beede, W. W. Thatcher, L. A. Israel, and C. J. Wilcox(1982) : Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. J. Dairy Sci. 65, 2213-2217.

Chung, T. Y., Y. J. Yang, S. R. Lee and H. S. Yoon(1995) : Effect of hot environment on the body temperature and plasma cortisol concentration in ruminant. Korean J. of Livestock Housing and Environment 1(1), 39-45.

El-Nouty, F. D., I. M. Elbana, T. P. Davis, H. D. Johnson(1980) : Aldesterone and ADH response to heat and dehydration in cattle. J. Applied Physiology 48, 249-255.

Flamenbaum, I., D. Wolfenson, M. Mamen, and A. Berman(1986) : Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. J. Dairy Sci. 69, 3140-3147.

Habeeb, A. A., I. F. Marai and T. H. Kamal(1992) : Heat stress; in Farm animal and the environment. C. Phillips and D. Piggins, ed. CAB International 27-48.

Igno, M. O., H. D. Johnson, B. J. Stevens, G. F. Krause, and M. D. Shanklin(1987) : Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray and fan system versus shade for Holstein cows during summer heat. J. Dairy Sci. 70, 1069-1079.

Kamal, T. H. A. Z. Mehrez, M. M. El-Shinawy and A. I. Aboul-Naga(1984) : Effect of high environmental temperature on mineral metabolism in Frisian cattle. Proc.

of 1st Conference on animal and poultry production. Zagazig. Egypt.

Kamal, T. H., H. D. Johnson and R. C. Ragsdale(1962) : Metabolic reactions during thermal stress in dairy animals acclimated at 50° and 80° F. Missouri Agricultural Experiment Station, Research Bull. No. 785.

Lee, J. A., J. D. Roussel and J. F. Beaty(1976) : Effect of temperature-season on bovine adrenal cortisol function blood cell profile and milk production. J. Dairy Sci. 59, 104-114.

Maust, L. E., R. E. McDowell, and N. W. Hooven(1972) : Effects of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. J. Dairy Sci. 55, 1133.

McLean, J. A., A. J. Dowine, C. D. R. Jones, and D. P. Stombaugh(1983) : J. Agric. Sci. Camb. 100, 315.

Means, S. L., R. A. Bucklin, R. A. Nordstedt, D. K. Beede, D. R. Bray, C. J. Wilcox, and W. K. Sanchez(1992) : Water application rates for a sprinkler and fan dairy cooling system in hot, humid climates. J. Agri. Eng. 8(3), 375-379.

Strickland, J. T., R. A. Bucklin, R. A. Nordstedt, D. K. Beede, and D. R. Bray(1989) : Sprinkler and fan cooling system for dairy cows in hot, humid climates. Appl. Eng. in Agri. 5(2), 231-233.

Turner, L. W., J. P. Chastain, R. W. Hemken, R. S. Gates, and W. L. Crist(1992) : Reducing heat stress in dairy cows through sprinkler and fan cooling. Appl. Eng. in Agri. 8(2), 251-256.

Untersuchungen zu fünf verschiedenen Varianten der Gruppenhaltung für Jungrinder

NICOLAS GUTH UND FRANZ-JOSEF BOCKISCH

Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Problem- und Zielstellung

Die Jungviehaufzucht stellt in der Betriebsführung in der Regel einen Kostenfaktor dar, wenn die Jungtiere zur Nachzucht der eigenen Milchviehherde genutzt werden. Insofern gilt es, die Aufzucht möglichst kostengünstig zu gestalten, unter Wahrung der Tiergesundheit und der Tiergerechtheit. Im Vergleich zur Milchviehhaltung werden geringere Ansprüche an Ernährung und Haltung gestellt, da ein zu schnelles Wachstum der Jungrinder sich auch später nachteilig in der Milchproduktion auswirken würde. Ein weiteres Kennzeichen der Jungviehaufzucht ist die alternierende Haltung im Sommer auf der Weide und im Winter im Stall, welche als ganzes betrachtet werden muß. Rinder weisen ein großes Adaptionsvermögen an sehr unterschiedliche Haltungsbedingungen auf. Die extremste Haltungsform stellt in den nachfolgend vorgestellten Versuchen eine Außenhaltungsvariante dar, bei der nur der Liegebereich überdacht ist.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die wichtigsten Leistungs- und Haltungsparameter der Jungtiere in fünf verschiedenen Haltungsformen zu erfassen, welche auch dazu dienen sollen, als Stall-Tier-Koeffizienten in eine Vollkostenberechnung einzugehen (siehe Beitrag: „Bestimmung von Kosten-Nutzen-Relationen für Jungviehställe").

Rahmenbedingungen und Vorgehensweise

Während zwei Winterperioden wurden Versuche durchgeführt, wobei die Variante 1 nur im ersten Jahr geprüft wurde (Tab. 1).

Es handelte sich stets um nicht wärmegedämmte Gebäude. Für jedes Tier stand ein Freßplatz an einem Fangfreßgitter zur Verfügung. Die Liegeboxengruppe und die Tretmistgruppe waren in einem gemeinsamen Stall mit Trauf-First-Lüftung untergebracht.

1. Liegeboxenlaufstall mit planbefestigtem Laufgang und Schieberentmistung (Gruppe [1], LB_PB). Es handelte sich um eine zweireihige Liegeboxenanordnung (leicht eingestreute Hochboxen mit Endschwelle). Die zwei planbefestigten Laufgänge wurden stündlich mit einem Schieber im Automatikbetrieb entmistet.

2. Tretmistlaufstall (Gruppe [2], TM_PB_FS)
Dieser Stall war in drei Bereiche unterteilt: der Freßbereich mit und ohne Freßstände (im 2. Versuchjahr beide Varianten), der planbefestigte Laufbereich mit automatischer Schieberentmistung und der mit einem Schrägboden (ca. 8 % Gefälle) sowie Mistmatratze versehene Lauf- und Liegebereich. Die Freßstände sollen den Tieren eine ungestörtere Futteraufnahme ermöglichen.

Tab. 1: Versuchsbeschreibung

Varianten	[1], LB_PB	[2],TM_PB_FS	[3], LB_SB	[4], LB_SB_Gu	[5]LB_SB_A
Beschreibung	Liegeboxen-laufstall mit planbefestig-tem Laufgang	Tretmist-laufstall mit Freßständen	Spaltenbo-denstall und Liegeboxen im Außenbe-reich	Spaltenboden-stall mit Gummi-auflage und Lie-ge-boxen im Außenbereich	Außenhal-tung auf Spaltenbo-den und überdachte Liegeboxen
1995					
Beginn - Ende	12.1.-11.5.95	12.1.1995	12.1.-25.4.95	12.1.-25.4.95	12.1.-25.4.95
LG pro Tier [kg]/Anz.	506±80/28	505±79/27	344±350/13	344±36/13	346±37/12
1996					
Beginn		20.11.1995	20.11.1995	20.11.1995	20.11.1995
Zwischenwiegung		5.3.1996	5.3.1996	5.3.1996	5.3.1996
Ende		9.5.1996	8.5.1996	8.5.1996	8.5.1996
LG pro Tier [kg]/Anz.		376±24/24	490±31/13	487±55/13	507±41/12

3. Spaltenbodenstall und Liegeboxen im Außenbereich (Gruppe [3], LB_SB)
Es wurde zwischen einem in einem geschlossenen Stallgebäude befindlichen Liege- und Freßbereich und einem im Außenbereich angeordneten Laufgang und nach dem Offenstallprinzip überdachten Liegeboxenbereich (9 Hochboxen) unterschieden. Die Laufflächen bestanden aus Spaltenbodenflächenelementen mit 3,5 cm Schlitzweite und 9 cm Auftrittsbreite. Für 3 Tiere waren keine Liegeboxen vorhanden (Abb. 1).

4. Spaltenbodenstall (mit Gummiauflage) und Liegeboxen im Außenbereich (Gruppe [4], LB_SB_Gu). Die Spaltenbodenflächen waren hier mit einer 1,8 cm starken perforierten Vollgummimatte (Schlitzweite 3 cm, Auftrittsbreite 9,5 cm) belegt, sonst wie Variante 3 (Abb. 1).

5. Außenhaltung auf Spaltenboden und überdachte Liegeboxen (Gruppe [5], LB_SB_A)
Die Tiere befanden sich ausschließlich im Freien. Der Liegebereich bestand wie bei den Verfahren 3 und 4 aus einem Dach und dreiseitig geschlossenen Seitenwänden (Abb. 1).

- Klima

Die Temperatur wurde über die gesamte Versuchszeit in einem Meßintervall von 1h10 min aufgezeichnet. Der Winter 1996 war im Durchschnitt 7 bis 8 K kälter als der Winter 1995. Im Frühjahr reduzierte sich diese Differenz auf 1 bis 2 K. Die 3 kältesten Tage im Jahr 1995 lagen im Durchschnitt noch über dem Nullpunkt, während im Jahr 1996 die Temperatur bis auf durchschnittlich -10,4 °C bei der Außenhaltungsvariante herunterging. An den kältesten Tagen war es im Außenbereich jedoch um 4,5 K kälter als im Innenbereich des geschlossenen Stalles. Zum Ende der Versuchsperiode im Frühjahr (1995 und 1996) stieg die Temperatur deutlich an, zum Teil sogar auf 30 °C. In dieser Zeit gab es kaum noch Unterschiede zwischen allen Stallhaltungen in den Temperaturverläufen. Schlußfolgernd kann gesagt weren, daß in der Kälteperiode die Temperatur durch das Stallgebäude um etwa 2 bis 3 K gegenüber dem Außenbereich angehoben wird, und dies unabhängig von der Strenge des Winters.

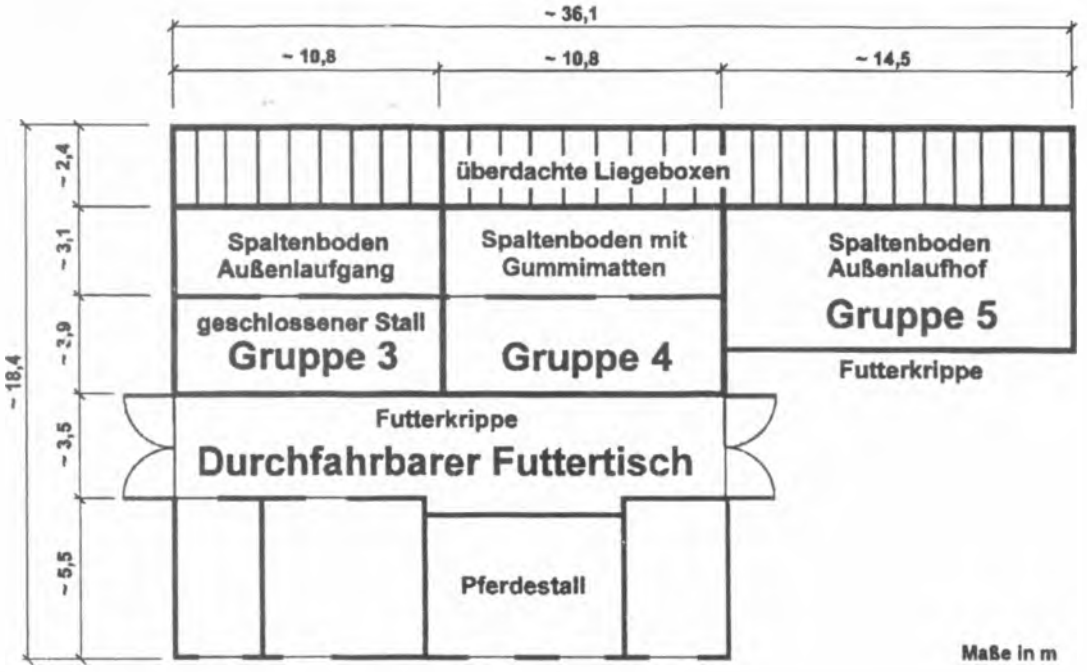


Abb. 1: Skizze der Jungrinderställe der Gruppen 3 bis 5

An einem kalten, windigen Tag wurden zwischen 15 und 16 Uhr einige Messungen der Windgeschwindigkeit, der relativen Luftfeuchtigkeit und der Lufttemperatur vorgenommen. Diese Datenerhebung gilt nicht als repräsentativ, sondern als beispielhafte Stichproben (Abb. 2).

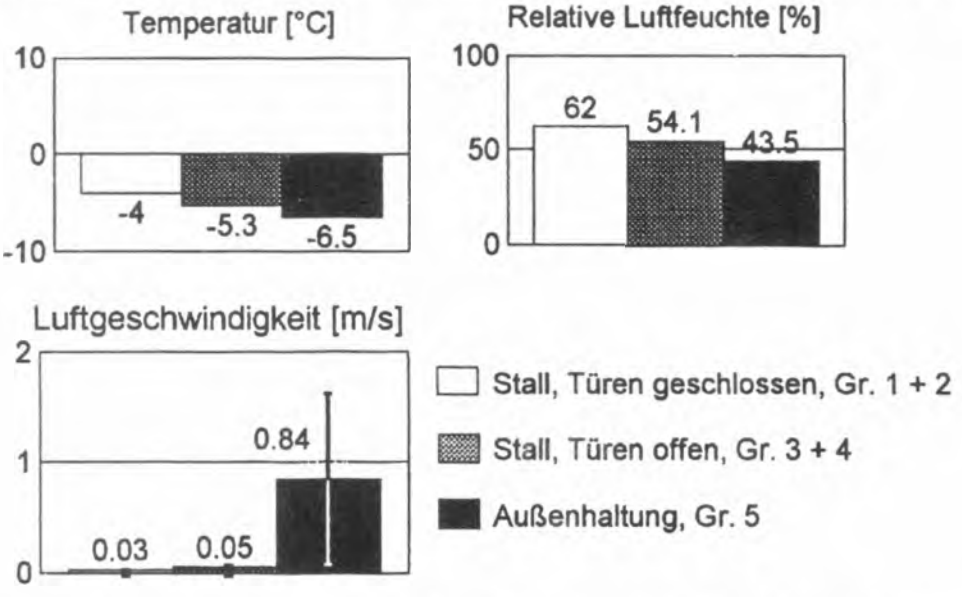


Abb. 2: Klimaerfassung an einem kalten, windigen Tag während der Versuchsperiode 1996

Die Stallgebäude mit geschlossener Bauhülle verminderten sehr markant die Luftgeschwindigkeit von durchschnittlich 0,84 m/s auf 0,03 bis 0,05 m/s, wobei der Spitzenwert bei über 4 m/s lag. Besonders gravierend ist die Feststellung, daß die mittlere Windgeschwindigkeit in den Liegeboxen mit 0,89 m/s sogar höher war als auf dem Laufhof mit 0,77 m/s und somit nicht der Forderung nach einem zugfreien Liegebereich gerecht wird. Neben der absoluten Temperatur spielt auch die Luftbewegung eine besondere Rolle für den Wärmeentzug. Temperaturen von -8 °C bewirken bei einer Windgeschwindigkeit von 4 m/s einen vergleichbaren Wärmeentzug wie bei -17 °C, wenn Windstille herrscht. Die relative Luftfeuchte lag erwartungsgemäß

außen deutlich niedriger als im Stallinneren. Durch die geöffneten Türen war die relative Luftfeuchte im Innenbereich des geschlossenen Stalles auf mittlerem Niveau (Abb. 2).

Ergebnisse

- Tägliche Zunahmen

Im Durchschnitt haben die Versuchsvarianten 2 bis 5 im Jahr 1995 signifikant höhere tägliche Zunahmen von 510 g im Vergleich zum Jahr 1996 mit 442 g. Dies wird auf die im Durchschnitt etwa 8 K tieferen Temperaturen in den Monaten Januar und Februar im Jahr 1996 zurückgeführt (Abb. 3).

Das Anfangskörpergewicht hatte keinen signifikanten Einfluß auf den Gewichtszuwachs. Im 1. Versuchsjahr lagen die täglichen Zunahmen bei den Varianten 1 bis 3 auf gleichem Niveau, und waren signifikant höher als die der Varianten 4 und 5, wobei die täglichen Zunahmen der Variante 4 wiederum signifikant besser waren als die Zunahmen in der Variante 5. Im 2. Versuchsjahr war nur Variante 2 signifikant der Variante 5 überlegen und tendenziell der Variante 3. Im Gesamtvergleich der zwei Jahre weisen die Varianten 2 und 3 signifikant höhere tägliche Zunahmen auf gegenüber den Varianten 4 und 5 sowie die Variante 4 gegenüber der Variante 5. Es stellt sich nun die Frage, was die Ursachen für die Unterschiede im Gewichtszuwachs der Varianten sind. Deswegen sollen zunächst die Typcharakteristiken der Varianten analysiert werden. Die Verfahren unterscheiden sich zum einen in baulicher Hinsicht (Klima) als auch in der Fußboden- und Liegeplatzgestaltung.

Faktor Klima: Die Tiere der Varianten 1 und 2 waren in einem gemeinsamen Stall untergebracht, der durch eine geschlossene Bauhülle mit Trauf-First-Lüftung ohne Isolation gekennzeichnet ist. Bei den Varianten 3 und 5 gab es einen Stallbereich und einen Außenbereich mit Laufgang und Liegeboxen und bei der Variante 5 nur einen Außenbereich mit überdachten Liegeboxen. Die Klimaverhältnisse der Gruppen 1 und 2 untereinander sowie der Gruppen 3 und 4 untereinander sind vergleichbar. Es kann eine Einteilung in drei Klimaklassen vorgenommen werden:

Klasse I:	Gruppen 1 und 2,
Klasse II:	Gruppen 3 und 4 sowie
Klasse III:	Gruppe 5.

Die täglichen Zunahmen der Gruppen 1 und 2 im Jahr 1995 betrugen 639 und 581 g, im Mittel 610 g. Demgegenüber wiesen die Gruppen 3 und 4 601 und 448 g, im Mittel 525 g auf und Gruppe 5 nur 320 g. Im Jahr 1996 standen die täglichen Zunahmen der Gruppe 2 mit 488 g den Gruppen 3 und 4 mit durchschnittlich 426 g und der Gruppe 5 mit 384 g gegenüber, wobei nur die Gruppen 2 und 5 sich signifikant unterschieden. Es ist eine Zuordnung zu den Klimaklassen I, II und III erkennbar; mit zunehmender Klimahärte gingen die Zunahmen zurück.

Faktor Fußbodengestaltung: Bei der Fußbodengestaltung gab es vier Typen: der planbefestigte Fußboden von Variante 1, teilweise 2, die Stroh/Mistunterlage von Variante 2 (Tretmist), die Spaltenböden der Varianten 3 und 5 sowie der Spaltenboden mit Gummiauflage der Variante 4. Durch den Nachweis des Einflusses des Faktors Klima auf die Gewichtsentwicklung läßt sich prinzipiell nur ein Vergleich innerhalb der gleichen Klimaklasse ziehen. Der Laufbereich von Gruppe 1 und 2 unterschied sich nur partiell in der Hinsicht, daß der Strohbereich der Tretmistfläche zum Teil als Lauffläche benutzt wurde. Die täglichen Zunahmen der Tiere der Variante 1 sind nicht signifikant um 58 g höher als diejenigen der Gruppe 2 (Jahr 1995). Die Rinder der Gruppe 3 (Spaltenboden) wiesen im Jahr 1995 hoch signifikant höhere Zunahmen (153 g Differenz) im Vergleich zur Gruppe 4 (Spaltenboden mit Gummiauflage) auf. Im Jahr

1996 gab es keinen Unterschied und im Mittel der beiden Jahre um 72 g höhere Zunahmen für Gruppe 3.

Faktor Liegeplatzgestaltung: Der Liegebereich bestand entweder aus einer Liegeboxe mit Gummimatte (Varianten 1, 3, 4, 5), Stroh/Mist (Variante 2), Spaltenboden (Variante 3), Spaltenboden mit Gummiauflage (Variante 4). Unter Berücksichtigung der Klimaklasse ist also nur ein Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2 im Jahr 1995 möglich, da Fußboden- und Liegeplatzgestaltung in diesem Fall nicht isoliert voneinander betrachtet werden können. Der Liegeplatzanteil auf den gummierten Spaltenböden (Gruppe 4) betrug 1996 nur 5,3 % und auf dem Spaltenboden 0 % (s. Tab. 1). Insofern wird der Faktor Liegefläche nicht als Ursache für die Unterschiede in den täglichen Zunahmen der Gruppen 3 und 4 gesehen.

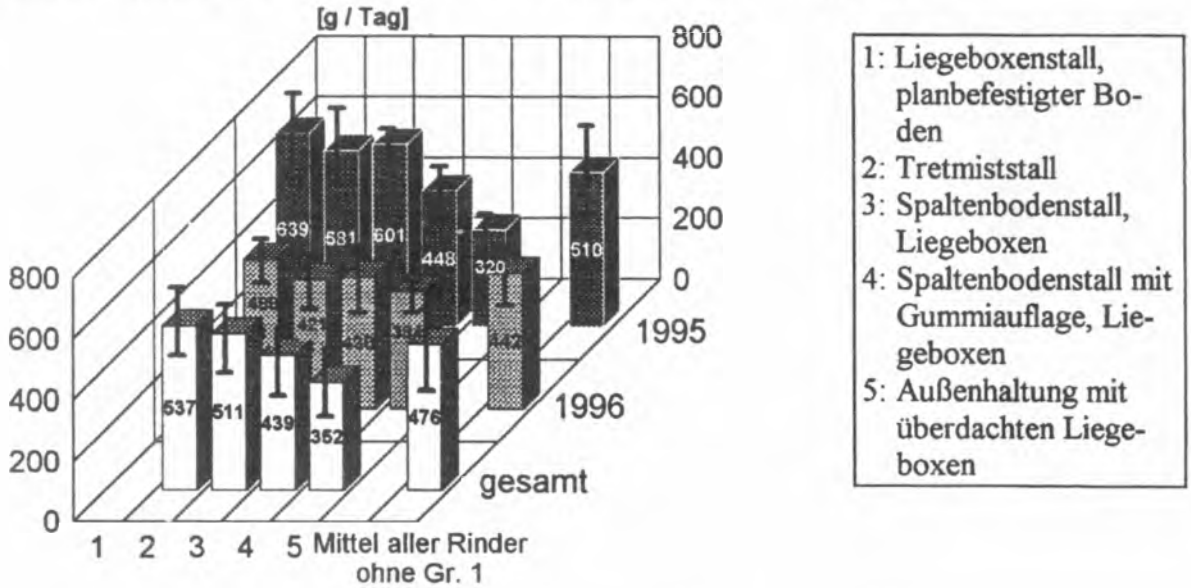


Abb. 3: Tägliche Zunahmen der Jungrinder in Abhängigkeit des Versuchsjahres

- Futteraufnahme

Das Grundfutter bestand aus Grasilage, die per Siloblock und Handverteilung zweimal täglich zugestellt wurde. Ein Vergleich läßt sich wegen des unterschiedlichen physiologischen Nährstoffbedarfs nur innerhalb der gleichen Gewichtsklasse vollziehen. Es bestanden im ersten Versuchsjahr mit moderatem Winterklima nur unwesentliche Unterschiede hinsichtlich der Futteraufnahme zwischen den Haltungsvarianten (Abb. 4). Im Jahr 1996 hingegen war die Futteraufnahme bei der Außenhaltungsvariante um 11 % niedriger als bei den Stallvarianten 3 und 4. Entgegen der wegen des größeren Nährstoffbedarfs erwarteten höheren Futteraufnahme der Außenhaltungstiere, war die Futteraufnahme vermindert. Die Ursache wird in der Reaktion der Tiere auf die kalte Witterung gesehen, in der die Rinder die Bewegungsaktivitäten einschränkten, um Wärmeverluste zu vermeiden.

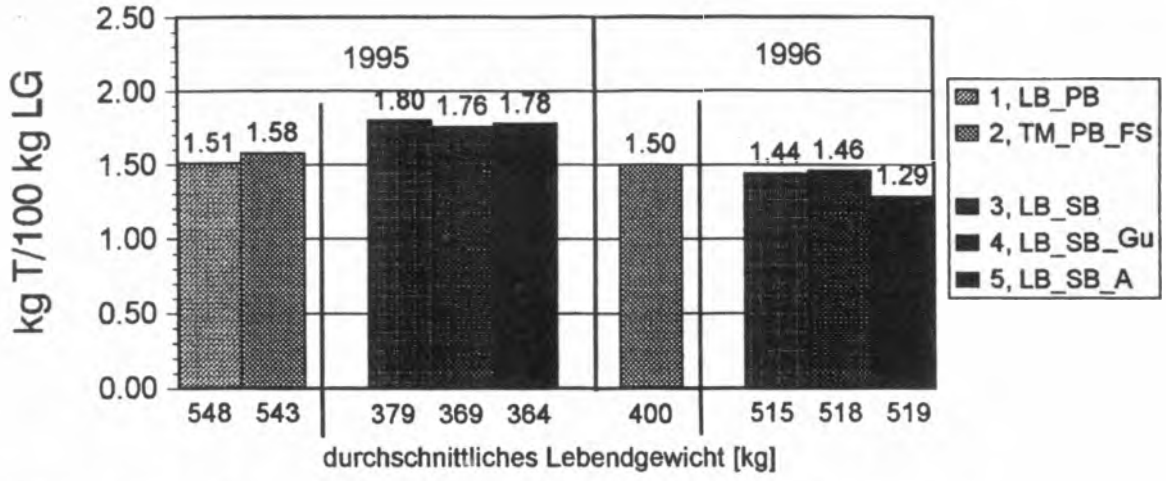


Abb. 4: Tägliche T-Grundfutteraufnahme der Rinder bezogen auf das Körpergewicht

- Tierverhalten

Die zweitägige Direktbeobachtung erfolgte in einem Intervall von 20 min. Die Videoaufzeichnungen wurden in einer Frequenz von 15 min ausgewertet (Tab. 2).

Tab. 2: Ergebnisse einiger Tierverhaltensbeobachtungen im 2. Versuchsjahr 1996

Aufstallungsvarianten zeitlicher Aufenthalt		Gruppe 21 Tretmist, planbefestigt, mit Freßstand	Gruppe 22 Tretmist, planbefestigt ohne Freß-stand	Gruppe 3 Spalten,Stall Liegeboxen	Gruppe 4 Spalten + Gummi, Stall Liegeboxen	Gruppe 5 Spalten, nur Außenhof, Liegeboxen
Beobachtungsart		Video/Direkt	Video/Direkt	Direkt	Direkt	Direkt
Beobachtungsintervall in min		20/15	20/15	20	20	20
Anzahl Beobachtungstage		3/2	3/2	2	2	2
		zeitlicher Aufenthalt				
im Liegebereich	(%)	73.5	75.0	49.9	41.2	51.4
im Laufbereich	(%)	26.5	25.0	50.1	58.8	48.6
Summe Aufenthaltsbereich	(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Liegen	(%)	61.4	61.4	44.6	44.0	38.8
Stehen/Laufen	(%)	38.6	38.6	55.4	56.0	61.2
davon im Freßbereich	(%)	21.4	17.0	25.0	23.9	25.9
Summe Funktionen	(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
im Stall	(%)	100.0	100.0	35.8	40.6	0.0
davon stehend auf Laufgängen	(%)	5.1	8.0	9.7	11.4	
im Außengelände	(%)	0.0	0.0	64.2	59.4	100.0
davon stehend auf Laufgängen	(%)			13.4	13.1	22.0
Summe Aufenthaltsbereich	(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Der zeitliche Aufenthalt der Tiere im Liegebereich differierte zwischen 41,2 % in Gruppe 4 und 75 % in Gruppe 22. Die Liegezeit schwankte zwischen 38,8 (Gruppe 5) und 61,4 % (Gruppen

21 und 22). Der Tretmiststall bietet den Tieren offenbar bessere Liegebedingungen als die Liegeboxenställe. Nachteilig kann im Tretmiststall manchmal die größere Unruhe der Tiere wegen der fehlenden räumlichen Strukturierung des Liegebereichs sein. Bei der Gruppe 3 betrug der Liegeanteil auf dem Spaltenboden 0 %, bei Gruppe 4 5,3 % und bei Gruppe 5 0,7 %. Der Spaltenboden wurde demnach als Liegefläche bei einem Angebot von Liegeboxen gemieden. Durch die Gummiauflage wurde der Spaltenboden leicht besser als Liegeplatz angenommen; die Liegeboxe wurde eindeutig bevorzugt.

Die Versuchsgruppen 3 und 4 können herangezogen werden, um der Frage nachzugehen, ob die Tiere das Stallinnere oder den Auslauf bevorzugen, da die Tiere hier den Aufenthaltsbereich frei wählen konnten. Als Merkmal wird der Aufenthalt im Stall bzw. Außenbereich genommen, wovon die Freß- bzw. Liegezeiten abgezogen werden. Dieser Restbetrag gilt sozusagen als freier Zeitbereich, wo die Tiere Wahlmöglichkeiten haben. Es zeigt sich, daß es keine nenneswerten Unterschiede gibt; der Aufenthalt im Außengelände ist etwa 3 % höher als im Stall. Neben den besseren Lichtverhältnissen kann die Attraktivität des Außenbereichs in der Neugier der Tiere am Beobachten der Umwelt begründet sein. Dem steht jedoch die zeitweise kalte Witterung entgegen. Die Wetterverhältnisse an den Beobachtungstagen können als milde eingestuft werden.

- Tiergesundheit

Die Rinder der Gruppe 5 wiesen in beiden Jahren trotz der z. T. schwierigen Witterungsbedingungen stets einen guten Gesundheitszustand auf; die ausgewerteten Krankheitsberichte der beiden Versuchsjahre ließen auf keine Unterschiede in den Tierarztkosten schließen. Die Klauengesundheit wurde zu Versuchsbeginn von einem Tierarzt begutachtet und nach Beendigung wiederholt. In den Stallsystemen mit feuchterem Laufboden (planbefestigter Liegeboxenstall und Tretmist mit planbefestigter Schieberentmistung) war der Anteil der mit Ballenfäule befallenen Klauen am Versuchsende mit 46 bzw. 37 % deutlich höher im Vergleich zu den perforierten Laufböden (Spaltenboden mit und ohne Gummiauflage) mit 0 bis 4 % Befall. Bedingt durch die Weidehaltung im Sommer verbesserte sich die Klauengesundheit der Tiere wieder, so daß keine tierärztlichen Behandlungen erforderlich waren.

Diskussion und Schlußfolgerungen

Die Varianten 1 - 4 wiesen im Gesamtvergleich signifikant bessere Zunahmen auf als die Außenhaltungsvariante (Gruppe 5). Die mittlere Temperatur im Außenbereich war im Winter nahezu 3 K niedriger als im Gebäudeinneren. Des weiteren zeigen die Luftgeschwindigkeitsmessungen, daß die Tiere im Außenbereich deutlich höheren Luftbewegungen (0,84 m/s) ausgesetzt waren als im Stallinneren, die nahezu bei Null (0,03-0,05 m/s) lagen. In den Außenboxen wurde die Forderung nach einem zugfreien Liegebereich nicht erfüllt.

Interessant ist die Betrachtung der Leistungen gesondert für den Winter und das Frühjahr 1996. Im ersten Winterabschnitt hatten die Rinder in der Außenhaltung (Gr. 5) mit 240 g pro Tag deutlich geringere Zunahmen als diejenigen der anderen Varianten. Bei Gruppe 2 betrugen diese 446 g, bei Gruppe 3 466 und bei Gruppe 4 sogar 580 g. In der 2. Winterperiode wiesen jedoch die Tiere der Gruppe 5 die höchsten täglichen Zunahmen mit 622 g gegenüber Gruppe 2 mit 556 g, Gruppe 3 mit 345 g und Gruppe 4 mit nur 181 g auf. Werden die beiden Perioden zusammengenommen, so ergeben sich Werte von 384 g für Gruppe 5, 488 g für Gruppe 2, 421 g für Gruppe 3 und 430 g für Gruppe 4 (s. Abb. 3). Es ist anzunehmen, daß die Rinder der Gruppe 5 im Frühjahr 1996 einen kompensatorischen Effekt aufwiesen.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurden die aus Versuchen des Instituts für Grünland- und Futterpflanzenforschung vorliegenden Gewichte von Tieren der Haltungsgruppen 3 - 5 des Jahres 1995 im Sommer weiterverfolgt (Abb. 5). Im Gegensatz zu den Stallhaltungsvarianten 3 und 4 unterlagen die Tiere der Außenhaltungsvariante 5 keinem Gewichtsverlust unmittelbar nach Weideauftrieb, so daß die in der Winterhaltung erniedrigten Zunahmen einen Monat nach Weideauftrieb bereits wieder ausgeglichen waren. Ein Haltungssystem kann nicht nur aufgrund einer Untersuchungsperiode beurteilt werden. In anderen Regionen der Erde werden noch heute niedrigere Zunahmen in klimatisch ungünstigen Zeiten (Winter, Trockenheit) akzeptiert und das kompensatorische Wachstum in futterwüchsigen Zeiten ausgenutzt.

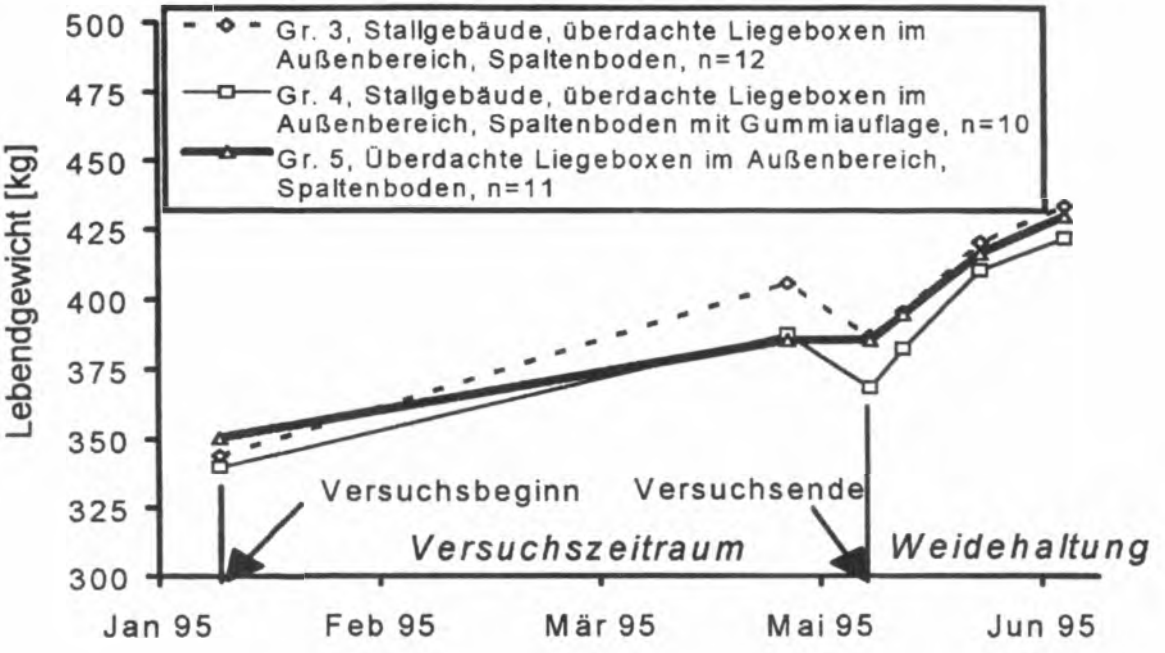


Abb. 5: Verlauf der Lebendgewichte im Versuch 1995 in den Stallhaltungen und nach Weideauftrieb

Abschließend bleibt die Frage, wieviel "Gebäude" ein Jungrind im Winter braucht. Die wichtigsten Kriterien sind die Tierleistung, die Tiergesundheit und die Tiergerechtheit. Unter Einbeziehung der Weideperiode ist von keinem Leistungs- und Gesundheitsunterschied auszugehen. Die klimatischen Bedingungen für die Außenhaltungstiere waren im Winter 1996 zeitweise schon an der Grenze der Tiergerechtheit, in erster Linie wegen des nicht ausreichenden Schutzes gegen den kalten Wind. Deswegen kann diese Haltungsform nur bei Anbringen von geeigneten Windschutzvorrichtungen an der Hauptwindrichtungsseite empfohlen werden. Die Außenfütterung ist in der Regel ohne nachteilige Folgen für die Futteraufnahme; nur bei sehr kalter Witterung ist eine verringerte Futteraufnahme festzustellen.

Eingestreute Milchviehställe - Strohbedarf und Verfahrensbewertung

HAIDN, BERNHARD, ALOIS KRAMER, HANS SCHÖN

[1] Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

1. Einleitung

Rinder stellen geringe Anforderungen an einen Wärmeschutz durch die Stallhülle, wenn ihnen ein weiches, trockenes und zugfreies Lager zur Verfügung steht. Eingestreute Liegeflächen können diese Anforderungen erfüllen. Voraussetzung ist dabei eine ausreichende Einstreumenge. Steigende Einstreumengen erhöhen die Verfahrenskosten. Andererseits besteht ein Mindestbedarf an Einstreu, um die erforderliche und gewünschte Sauberkeit der Tiere sicherzustellen. Die Tiersauberkeit wird von zahlreichen Einflußfaktoren bestimmt und ist maßgebliches Kriterium für den Einstreubedarf (Abb. 1)

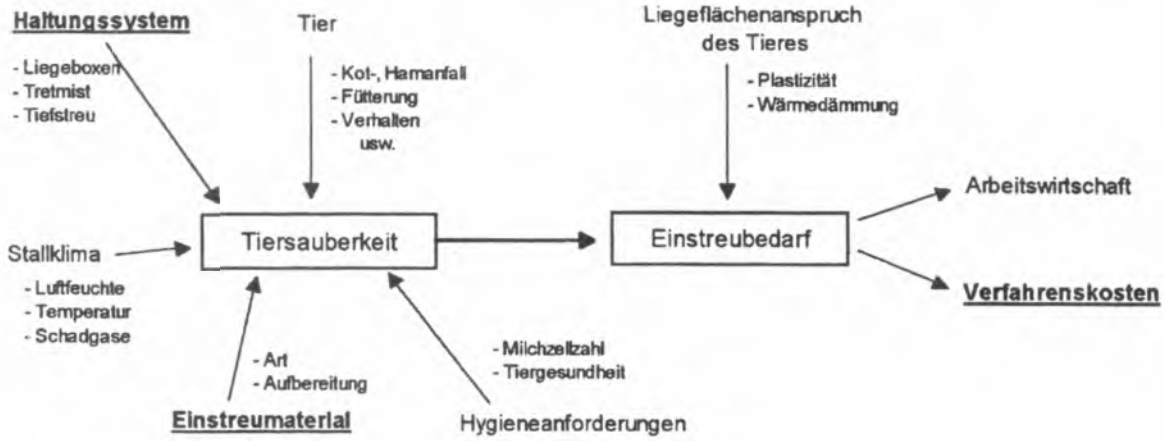


Abb. 1: Haupteinflußfaktoren auf die Tiersauberkeit und den Einstreubedarf in Haltungssystemen für Rinder

Ziel der Untersuchungen ist es, diese in der Abbildung 1 dargestellten sehr komplexen Zusammenhänge quantitativ zu beschreiben. Im vorliegenden Beitrag soll dies an ausgewählten Bereichen vorgenommen werden:

- Einstreumenge und Verfahrenskosten
- Haltungssystem und Tiersauberkeit
- Einstreumaterial: Wasseraufnahmevermögen und Aufbereitung
  Menge und Tiersauberkeit

2. Einstreumenge und Verfahrenskosten

In einer umfangreichen Modellkalkulation wurden die spezifischen Verfahrenskosten der Stroh-Mist-Kette für die Stallsysteme Liegeboxen-, Tretmist- und Tiefstreustall bei Bestandesgrößen von 40, 80 und 120 Kühen sowie variierenden durchschnittlichen Einstreumengen berechnet [HAIDN und SEUFERT, 1996]. Das Ergebnis zeigt Abbildung 2.

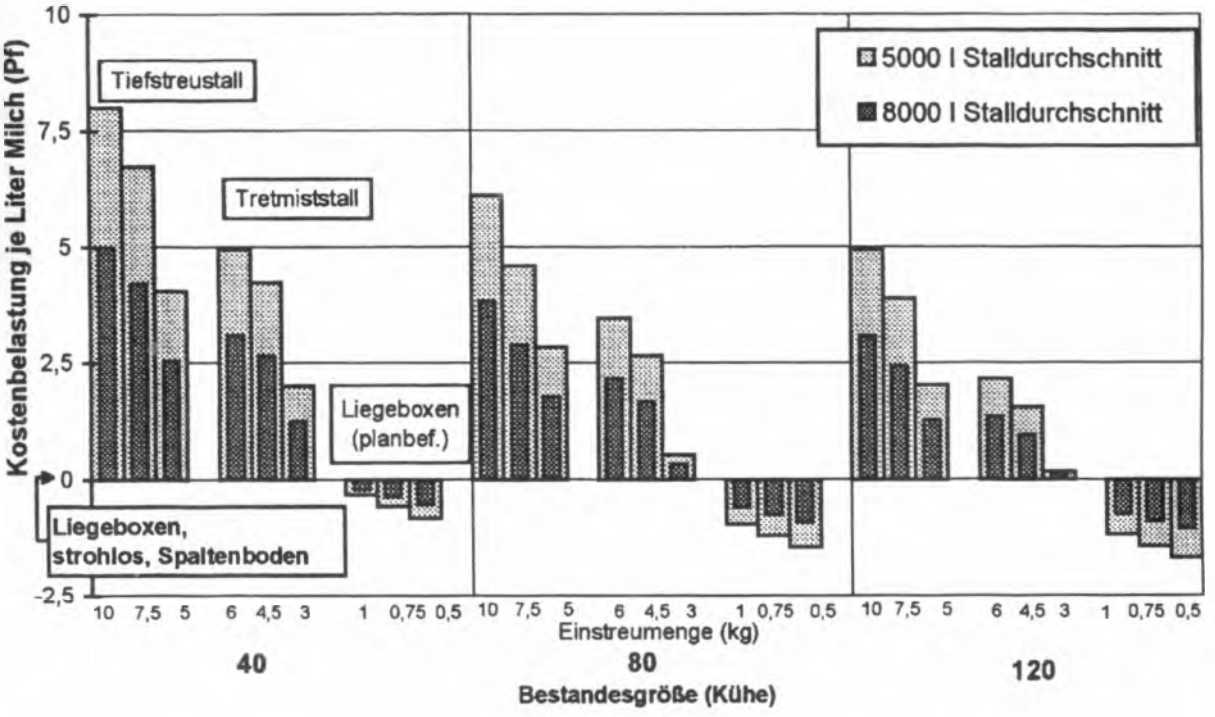


Abb. 2: Kostenbelastung je Liter Milch durch den Einsatz von Stroh im Vergleich zur strohlosen Haltung mit Spaltenboden

Die ausgewählten Haltungssysteme erfordern einen sehr unterschiedlichen Strohbedarf. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Verfahrenskosten. Gemessen an der Variante ohne Stroh wirkt der Effekt des *Haltungssystems* und der daraus resultierende Einstreubedarf beim eingestreuten Liegeboxenlaufstall mit planbefestigten Laufflächen 0,5-1,5 Pf/kg Milch kostenmindernd. Dagegen verursacht der Tretmiststall 1,5-4 Pf und der Tiefstreustall 3,5-7 Pf Mehrkosten.

Der Einfluß der *Einstreumenge ist* für das gewählte System spezifisch. Bei einem System mit einem hohen Einstreubedarf wirkt sich eine Halbierung der Einstreumenge wesentlich stärker kostensenkend aus als bei einem, das mit wenig Einstreu betrieben werden kann.

Mit zunehmender *Bestandsgröße* vermindern sich die Effekte der Einstreumenge und der Haltungsysteme.

Die Berechnungen zeigen, daß die Einstreumenge einen sehr großen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung besitzt. Eine Optimierung ist deshalb sehr wichtig. Einen Schwerpunkt bildet die Beeinflussung der Tiersauberkeit durch die Einstreu.

3. Einstreumaterial

Neben der Bestimmung des Einflusses der Einstreumenge auf die Tiersauberkeit ist die Art des Materials bzw. dessen Aufbereitung von Interesse. Hierzu wurden umfangreiche Versuche zur Bestimmung der Wasseraufnahme von Einstreumaterialien durchgeführt.

3.1 Laborversuche zur Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens von Einstreumaterial

Bei der Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens wurde wie folgt vorgegangen:

1. Bestimmung von Masse und Volumengewicht der Probe nach definierter Verdichtung
2. Befüllen des Prüfbehälters mit definierter Gutmenge (Masse entsprechend 15dm^3 Prüfvolumen) und Wässern des Prüfgutes bis zur vollständigen Wassersättigung (24 h),(Abb 3).
3. Ermittlung der volumenbezogenen Wasserkapazität nach dem Abtropfen (1 h)
4. Ermittlung der massebezogenen Wasserkapazität durch Rücktrocknung (105°C) bis zur Massenkonstanz.

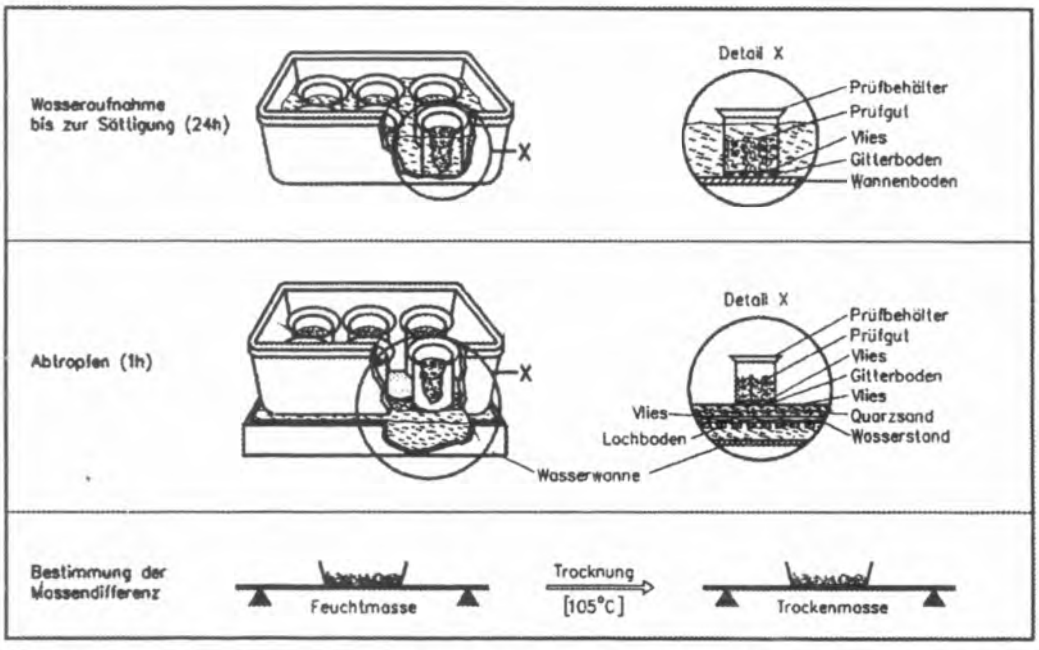


Abb. 3: Versuchsstand zur Bestimmung der Wasseraufnahme von Einstreumaterialien

3.2 Ergebnisse

Die Wasseraufnahme wird entweder als massebezogene (g H_2O/100g TM = Gew.-%) oder als volumenbezogene (dm^3 H_2O/100 dm^3 Prüfgut = Vol.-%) Wasserkapazität angegeben.

Bei den *Einstreumaterialen* zeigte sich, daß Fichten-Hobelspäne (207 Gew.-%), Fichten-Sägespäne (252 Gew.-%) und seggenreiches Streuwiesengut (237 Gew.-%) wesentlich weniger Wasser aufnehmen konnten als Getreidestroh (∅ = 370 Gew.-%) und Heu (360 Gew.-%). Diese Ergebnisse stimmen in der Größenordnung sehr gut mit den Ergebnissen von LEHMANN et al. (1995) überein.

Für weitere Untersuchungen von Einflüssen der *Aufbereitung* auf das Wasserhaltevermögen wurde einheitliches Einstreumaterial (Winterweizenstroh von einem Feld, am gleichen Tag geerntet) verwendet.

Das Stroh lag sowohl in Rundballen (RB) als auch in Quaderballen (QB), geschnitten und ungeschnitten vor. Als weitere Einflußgröße kam der Einsatz von Ballenauflösern (für Rund- und Quaderballen) hinzu.

Tab. 1: Einfluß der Aufbereitung auf die Wasserkapazität von Stroh [g H_2O/100g TM; Gew.-%]

Einflußgrößen	Mittelwert [Gew.-%]	Standabw.	Min	Max
Rohprobe	396,7	11,7	380,4	412,3
RB	398,9	28,1	323,6	445,5
QB	397,8	19,3	345,5	430,6
geschnitten	396,9	25,5	323,6	440,6
lang	399,7	22,1	345,5	445,5
aufgelöst	395,3	23,2	345,5	430,6
roh	401,3	24,1	323,6	445,5

Es zeigte sich kein signifikanter Einfluß der Behandlung (Pressentyp, Schneidwerk, Auflöser) auf die Wasserkapazität bezogen auf die Trockenmasse (Tab. 1).

Außerdem war keine erhöhte massebezogene Wasseraufnahme von zerkleinertem Stroh im Vergleich zur Rohprobe (397 g H_2O/g TM) nachzuweisen. Wie auch bei LEHMANN et al. (1995) konnte kein signifikanter Einfluß von Schneiden, Häckseln und Mahlen (Partikelgröße ca. 30 mm) gefunden werden. Ebensowenig konnte ein Einfluß des Pressentypes nachgewiesen werden. Erst das Mahlen bis zu einer Partikelgröße von unter 3 mm wirkte sich auf eine Erhöhung der Wasseraufnahme aus. Die praxisübliche Strohaufbereitung verbessert das massebezogene Wasseraufnahmevermögen nicht.

Da sowohl in der Praxis als auch in der Literatur (BARTUSSEK et al. 1988; HLELL 1992) ein positiver Einfluß der Strohaufbereitung auf die Tierverschmutzung oder den Strohbedarf beschrieben wird, aber kein Einfluß auf die massebezogene Wasseraufnahme nachzuweisen ist, wurde die volumenbezogene Wasseraufnahme untersucht.

Ein signifikanter Einfluß (α = 5%) der Aufbereitungsart auf das volumenbezogene Wasseraufnahmevermögen und ebenso auf die Schüttdichte ist nachweisbar. Je stärker die Aufbereitung ist, desto höher ist die Schüttdichte. Diese wiederum besitzt eine Korrelation von r = 0,92 zur volumenbezogenen Wasserkapazität und von r = 0,99 zur Halmlänge (Abb. 4). Der Einfluß der Aufbereitung auf die volumenbezogene Wasserkapazität erklärt sich aus der Massenzunahme pro Volumeneinheit Prüfgut.

Wird in der Praxis eine Volumendosierung der Einstreumenge durchgeführt, könnte auch hier die Massenzunahme von zerkleinertem Stroh die beobachtete bessere Saugfähigkeit erklären.

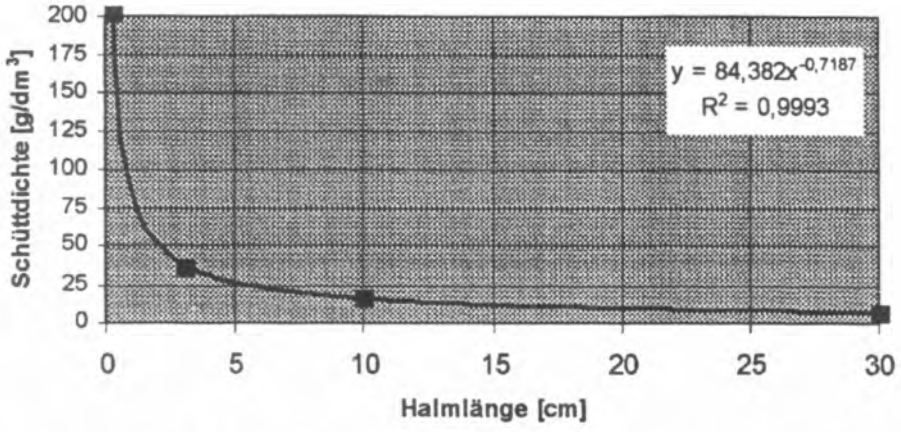


Abb. 4: Einfluß der Halmlänge auf die Schüttdichte von gepreßtem Stroh

Hinzu kommt die Fähigkeit von zerkleinertem Stroh Flüssigkeiten aufgrund der größeren Oberfläche schneller aufzunehmen (Arp 1993). Der Einfluß einer größeren Oberfläche von sehr kleinstrukturiertem Einstreumaterial auf die bessere flächenhafte Abdeckung der Exkremente

im Vergleich zu sehr grobstrukturierten Einstreumaterialien soll in weiteren Versuchen untersucht werden.

Wird Stroh allerdings stärker zerkleinert verringert sich die Vernetzung der Schichten und es verringert sich die Tragfähigkeit der Mistmatratze (Lehmann et al. 1996).

4. Haltungssysteme und Tiersauberkeit in der Praxis

In einer Praxisuntersuchung wurden die drei Haltungssysteme Liegeboxenlaufstall, Tretmist- und Tiefstreustall anhand von je zwei Betrieben untersucht. Während eines Zeitraumes von zwei Jahren wurden unter anderem die Einstreumengen und die Tiersauberkeit bzw. die Tierverschmutzung erfaßt.

Die Tiersauberkeit wurde mit einem überarbeiteten Bewertungsschlüssel nach der Methode von FAYE und BARNOUIN (1987) beurteilt. Der Tierkörper wird in fünf Bereiche eingeteilt: Euter, Ano-Genitalbereich, Bauch, Keule und Fuß. Im Bewertungsbogen ist die Flächenausdehnung der zu beurteilenden Körperpartien dargestellt. Der Verschmutzungsgrad ist die flächenhafte Ausdehnung der verschmutzten Körperoberfläche eines Beurteilungsbereiches im Verhältnis zur Fläche des gesamten Beurteilungsbereiches. Die Tierverschmutzung ist der Mittelwert aus allen fünf Körperpartien.

Zur Erleichterung der Flächenbestimmung ist auf dem Beurteilungsbogen eine Legende mit typischer Schmutzverteilung und entsprechender Flächenangabe enthalten. Von geschulten Beurteilern wird mit dieser Methode eine Wiederholbarkeit von W = 0,87 erreicht.

Es zeigte sich, daß die Tiere im Liegeboxenlaufstall mit einer durchschnittlichen Verschmutzung von ca. 11% am saubersten sind (Abb. 5). Die sehr geringen Einstreumengen (0,3 und 0,8 kg/Kuh&Tag) dienen hier mehr einer bequemen Liegeflächengestaltung als der Sauberkeit der Tiere. Eine optimale Boxengestaltung trägt mehr zur Tiersauberkeit bei, als die reine Einstreumenge. Das heißt die Liegeboxen müssen bequem und tiergerecht gestaltet werden, damit die Boxen angenommen werden und sich die Kühe nicht in die Laufgänge legen.

Gleichzeitig muß durch Steuereinrichtungen und Liegeflächenbegrenzungen gewährleistet werden, daß wenig Exkremente in die Box eingebracht werden. Vermutlich ist die höhere Tierverschmutzung im Betrieb 2 (12,4%) gegenüber Betrieb 1 (11,2%) auf eine ungenügende Boxenausführung zurückzuführen.

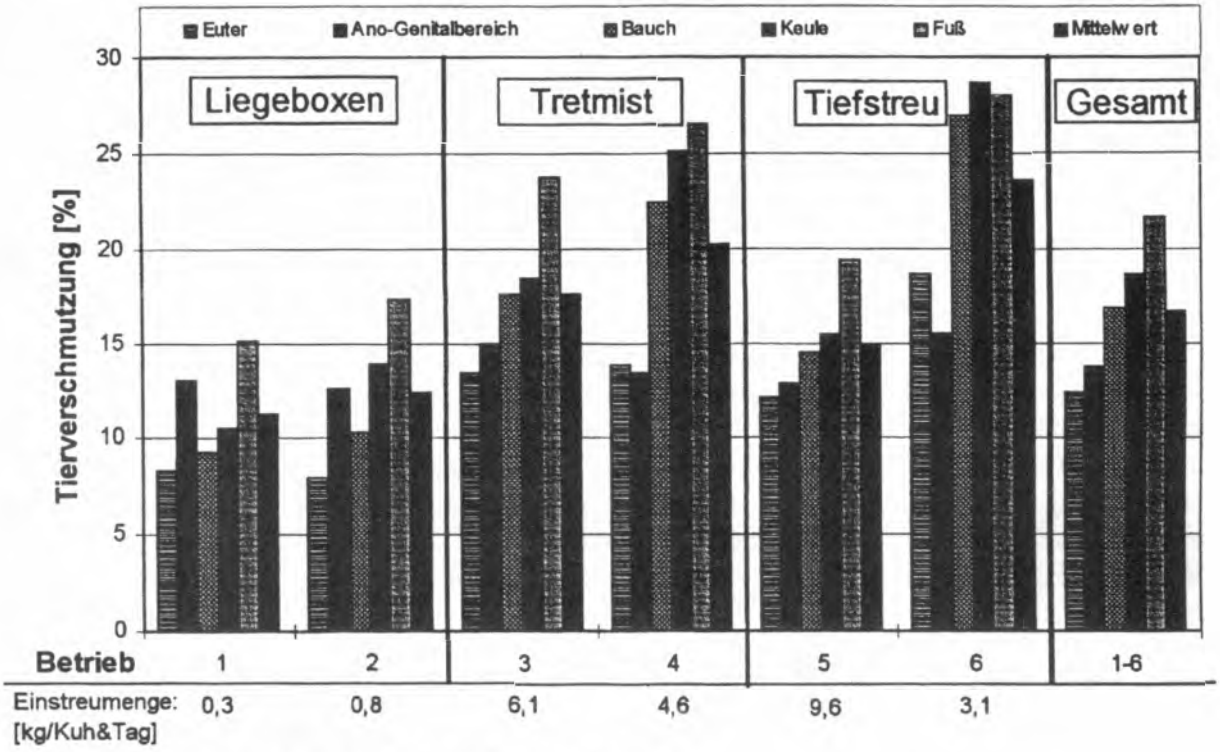


Abb. 5 : Tierverschmutzung in den verschiedenen Stallsystemen

Im Tretmist- und Tiefstreustall sind die Kühe stärker verschmutzt. Wobei im Tretmiststall systembedingt mit geringeren Einstreumengen (5,4 bzw. 6,4 kg/Kuh&Tag) tendenziell noch eine bessere Tiersauberkeit (18,7 bzw. 19,2 %) erreicht werden kann. Auch Tiefstreuställe können bei einer günstigen Zuordnung von Freß- und Liegebereich, das bedeutet ein möglichst großer Teil der Exkremente muß im Freßbereich anfallen, mit sehr geringen Einstreumengen (3,1 kg/Kuh&Tag) betrieben werden. Allerdings nimmt dann die Verschmutzung der Kühe (24 %) sehr stark zu. Auch die Euterregion ist stärker verschmutzt (18,6 %) als beim Durchschnitt der übrigen Betriebe (11,1 %). Dadurch wird sowohl der Arbeitsaufwand für das Melken erhöht als auch die Eutergesundheit negativ beeinflußt. Dies zeigten eigene vorläufige Auswertungen des Zusammenhanges zwischen Tierverschmutzung und der Milchzellzahl der Molkereianlieferungsmilch. Im Tiefstreustall bietet eine so geringe Einstreumenge keine Voraussetzungen mehr, um hygienisch und tiergerecht Milch zu produzieren.

5. Einstreumenge und Tiersauberkeit in Tretmist und Tiefstreuställen

Für den Tretmist- und Tiefstreustall konnte aus den Praxisdaten ein eindeutiger Zusammenhang zwischen mittlerer Einstreumenge und mittlerer Tierverschmutzung der Betriebe festgestellt werden (Abb. 6). Während bei 3 kg Einstreu etwa eine Tierverschmutzung von 25% auftrat, sank der Anteil bei 9 kg auf nur mehr etwa 15%.

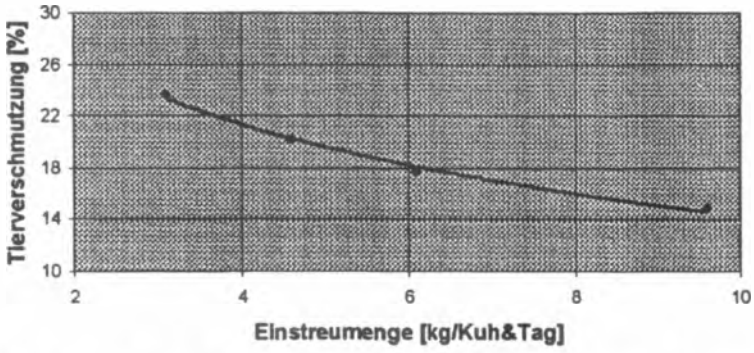


Abb. 6 Einfluß der Einstreumenge auf die Tierverschmutzung in den untersuchten Tretmist- und Tiefstreuställen

Um individuelle Betriebseinflüsse ausschließen zu können, wird derzeit ein Einstreuversuch durchgeführt, bei dem die Einflußgrößen (Einstreumenge, Tierverschmutzung, Strohqualität, Liegeflächenfeuchte und -wärmeleitfähigkeit, Matratzentiefe, Belegdichte, Brunstaktivität, Lufttemperatur und -feuchte) erfaßt werden. Das Bayerische Forschungszentrum für Fortpflanzungsbiologie (BFZF) und die tierärztliche Fakultät der LMU-München stellten für diesen Versuch freundlicherweise ihren Gemeinschaftsstall in Badersfeld/Oberschleißheim zur Verfügung. Es ist ein Offenfront-Zweiraum-Tiefstreustall für ca. 50 Stück Jungvieh. Die im Freßbereich anfallenden Kot- und Harnmengen werden von Hand auf die Liegefläche geräumt. Die gesamten Exkremente fallen also im eingestreuten Bereich an (entspricht Einraum-Tiefstreustall). Die Tiere sind in neun Gruppen, mit 4-7 Stück pro Abteil, eingeteilt. Fünf Gruppen werden als Kontrolle immer mit konstanter Masse eingestreut. Bei den vier Versuchsgruppen wird von Durchgang zu Durchgang (jeweils 3 Wochen) die Einstreumenge, bei 3 kg beginnend in 0,5kg Schritten erhöht.

Erste Ergebnisse (Abb. 7) bestätigen den Zusammenhang der Praxisdaten (Abb. 6) zwischen mittlerer Einstreumenge und mittlerer Tierverschmutzung der Versuchs- und Konstrollgruppen je Durchgang. Unter den Versuchsbedingungen veränderte ein kg Einstreu die Tierverschmutzung um 7,4 %. Das Bestimmtheitsmaß von R^2=0,5 (für eine lineare Trendfunktion) weist darauf hin, daß noch andere Faktoren auf die Tiersauberkeit einwirken. Einer dieser Faktoren ist das Liegeflächenangebot pro Tier.

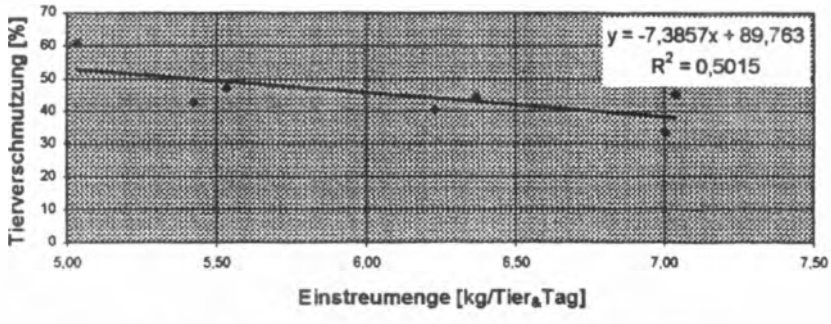


Abb. 7: Einfluß der Einstreumenge auf die Tierverschmutzung

Eine Auswertung der zufällig aufgetretenen Unterschiede in der Belegdichte, im Tieflaufstall der BFZF und LMU, zeigte einen Zusammenhang zwischen mittlerer Belegdichte bzw. Liegeflächenangebot und der mittlerer Tierverschmutzung. Je weniger Liegefläche dem Einzeltier zur Verfügung steht, desto stärker verschmutzt es (Abb. 8).

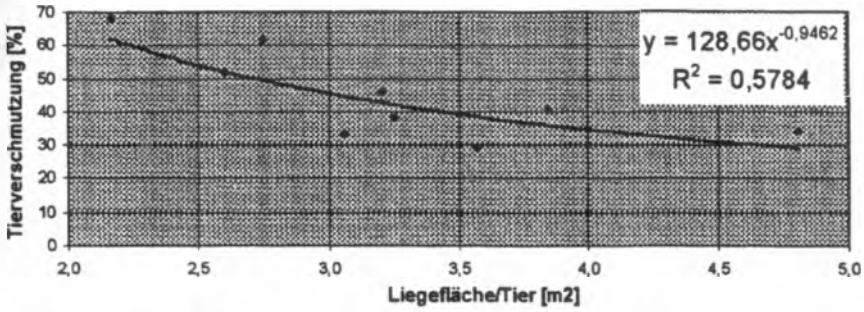


Abb. 8: Einfuß des Liegeflächenangebotes auf die Tierverschmutzung

6 Zusammenfassung

Eingestreute Liegeflächen erfüllen auch in einfachen Stallgebäuden ohne Wärmeisolierung die Anforderungen der Rinder. Eine Kostenanalyse ergab, daß die spezifischen Verfahrenskosten am günstigsten beim eingestreuten Liegeboxenlaufstall mit planbefestigten Laufflächen sind. In der weiteren Reihung folgt der Liegeboxenstall mit Spaltenbodenlaufflächen, der Tretmiststall und der Tiefstreustall. Die Einstreumenge besitzt einen großen Einfluß auf die Verfahrenskosten. In weiteren Untersuchungen wurde der Zusammenhang Einstreu und Tiersauberkeit näher betrachtet.

Die Wasserkapazität verschiedener Stroharten unterscheidet sich nicht. Ebenso brachte die Strohaufbereitung (Pressen, Schneiden, Auflösen) keine signifikante Veränderung der massebezogenen Wasseraufnahme.

Sowohl in Praxismessungen als auch in einem Einstreusteigerungsversuch konnte ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Einstreumenge und der Tiersauberkeit nachgewiesen werden.

7. Literatur

ARP CHRISTINE (1993): Versuche zur Wasseraufnahmefähigkeit von mechanisch unterschiedlich aufbereitetem Häckselstroh; Diplomarbeit Universität Göttingen

BARTUSSEK, H. (1988): Haltung. In: HAIGER, A., R. STORHAS und H. BARTUSSEK (Hrsg.): Naturgemäße Viehwirtschaft. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 147-236

FAYE, B. und J. BARNOUIN (1987): Condition d'utilisation de differentes types d'etables pour vaches alliantesl Observation N° 88051, Institut techniques de l'elevage bovin.

HAIDN, B. und H. SEUFERT (1996): Kostenanalyse eingestreuter und strohloser Haltungsverfahren für Milchvieh. DLG Arbeitsunterlage

HLELL (1992): Datenmaterial für die Betriebsplanung - ökologischer Landbau - Tierhaltung. LfB143/92

LEHMANN, B., R. KRAUSE und CH. SCHELLERT (1995): Untersuchungen zur Effizienz des Stroheinsatzes in der Tierhaltung. Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung (2. Internationale Tagung)

LEHMANN, B., R. KRAUSE, CH. SCHELLERT, M. TAMM (1995): Eigenschaften von Einstreumaterialien, Poster der Universität Gesamthochschule Kassel auf Eurotier 96

Dieses Projekt wird von der Deutschen Forschungsgesellschaft gefördert.

Beitrag zur Nutzung der Milchflußgeschwindigkeit beim Milchentzug als Indikator für die Früherkennung von Eutergesundheitsstörungen

KAUFMANN, OTTO; KOHLMÜLLER, MATTHIAS

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Nutztierwissenschaften der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät, Philippstraße 13, 10115 Berlin

Durch Eutererkrankungen entstehen den milchproduzierenden Betrieben jährlich erhebliche Verluste. Daraus erwächst die Notwendigkeit, die Erkrankungsrate zu reduzieren bzw. schnell wirksame therapeutische Maßnahmen zu nutzen, um die Gesundheit des Tieres wiederherzustellen und wieder marktfähige Milch erzeugen zu können. Das Problem besteht darin, Eutererkrankungen frühzeitig zu erkennen, denn davon hängt ganz wesentlich der therapeutische Erfolg ab. Neben der herkömmlichen visuellen Beurteilung der Milchbeschaffenheit in Form einer Vorgemelksprobe, stehen zunehmend rechnergestützte Kontrollmöglichkeiten zur Verfügung. Dabei werden vor allem die Milchtemperatur und ihre Leitfähigkeit als Indikatoren genutzt.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand darin, zu prüfen, ob die Milchflußgeschwindigkeit ein Parameter ist, der zur Früherkennung von Eutergesundheitsstörungen herangezogen werden kann.

Die Arbeitshypothese lautet:

1. Sich entwickelnde Entzündungen des Euterdrüsengewebes beeinflussen die Melkbarkeit von Kühen in Form einer verringerten Milchflußgeschwindigkeit.

2. Die Veränderungen des Milchflusses lassen sich mit praxisüblichen Milchmengenmeßgeräten in Kombination mit einem Herdenmanagementprogramm erfassen und darstellen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen sind in einer Milchviehherde mit etwa 400 Kühen durchgeführt worden und erstreckten sich über drei Monate. Die Milchleistungs- und Melkbarkeitsparameter wurden in einem Doppel-12er-Fischgrätenmelkstand erfaßt, der mit Milchmengenmeßgeräten ausgestattet ist, die über Sensoren zur Ermittlung der elektrischen Leitfähigkeit verfügen. Die Parameter wurden mit Hilfe des Herdenmanagmentprogrammes „Codetron DP 4.5 aWestfalia" erfaßt und mit dem Statistikprogramm SAS ausgewertet.

Dabei handelte es sich um die

- Milchmenge
- elektrische Leitfähigkeit
- mittlere Milchflußgeschwindigkeit
- maximale Milchflußgeschwindigkeit
- Abweichung der mittleren Milchflußgeschwindigkeit vom gleitenden Mittelwert (10 Gemelke)

die über drei Monate erfaßt und gespeichert wurden.

Kühe mit Eutergesundheitsstörungen wurden vom Personal festgestellt und der Zeitpunkt der Diagnose protokolliert. Retrospektiv wurden dann die genannten Parameter dem Erkrankungszeitraum zugeordnet und bewertet. Dabei wurden 20 Gemelke vor dem Zeitpunkt der Krankheitsdiagnose in die Auswertung einbezogen. Insgesamt erkrankten im Untersuchungszeitraum 28 Kühe, davon 50 % innerhalb der ersten 100 Laktationstage.

Ergebnisse

Im folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse vorgestellt, die als qualitative Bewertung der Eignung, der unter Praxisbedingungen verfügbaren Milchflußparameter als Indikatoren für Eutergesundheitsstörungen dienen. In Abbildung 1 sind Durchschnitte der mittleren und der maximalen Milchflußgeschwindigkeit für verschiedene Laktationsstadien dargestellt.

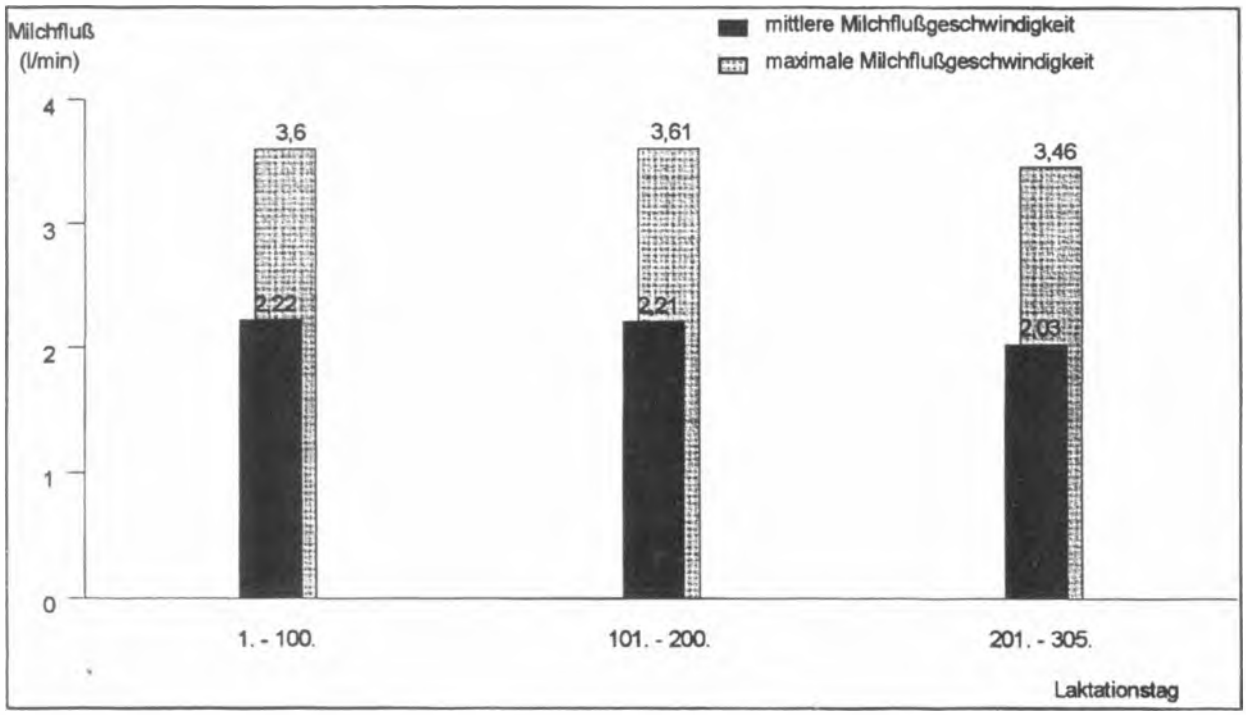


Abb. 1: Parameter des Milchflusses in Abhängigkeit vom Laktationsstadium

Tendentiell nimmt die Milchflußgeschwindigkeit mit voranschreitender Laktationsdauer ab. Für die gesamte Laktation wurde eine mittlere Milchflußgeschwindigkeit von 2,23 l/min ermittelt. Die Standardabweichung betrug 0,52, was auf die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Kühen hinweist. Die Entwicklung der Milchflußgeschwindigkeit der erkrankten Kühe von 10 Gemelken bevor die Mastitits erkennbar wurde, ist in Abbildung 2 dargestellt.

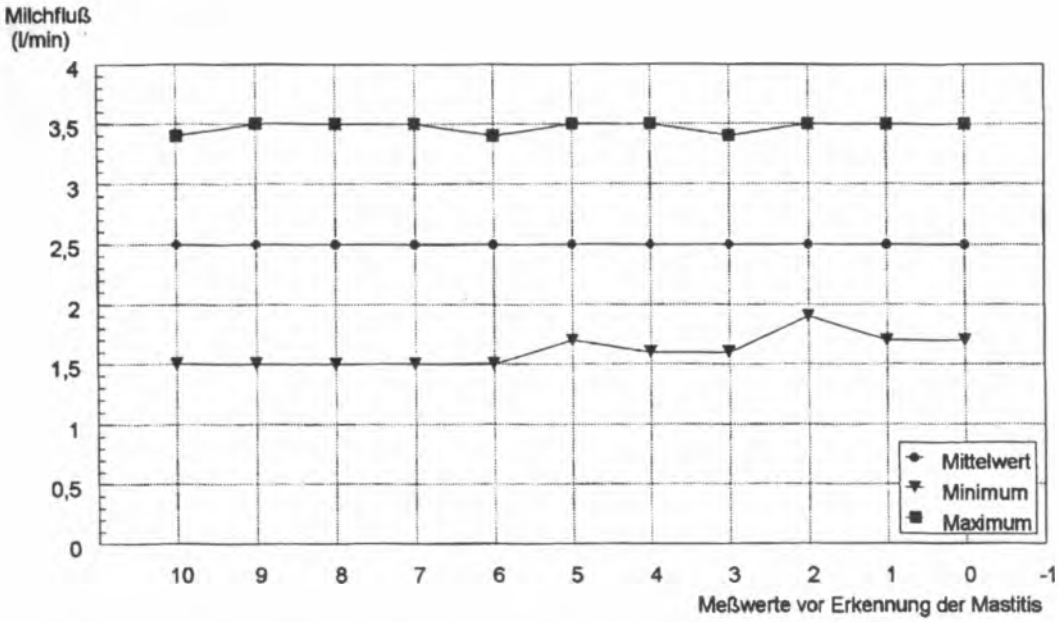


Abb.2: Verlauf der mittleren Milchflußgeschwindigkeit im Vorfeld der klinischen Mastitis ($\bar{x}$ aller erkrankten Kühe)

Die durchschnittliche Milchflußgeschwindigkeit blieb im Beobachtungszeitraum konstant. Die Mittelwertbetrachtung zeigt, daß offensichtlich keine Beeinträchtigung der Flußgeschwindigkeit durch eine sich entwickelnde Mastitis erfolgt. Neben der Milchflußgeschwindigkeit wurde auch die elektrische Leitfähigkeit der Milch festgestellt. Die entsprechenden Werte im Vorfeld einer Mastitis können der Abbildung 3 entnommen werden.

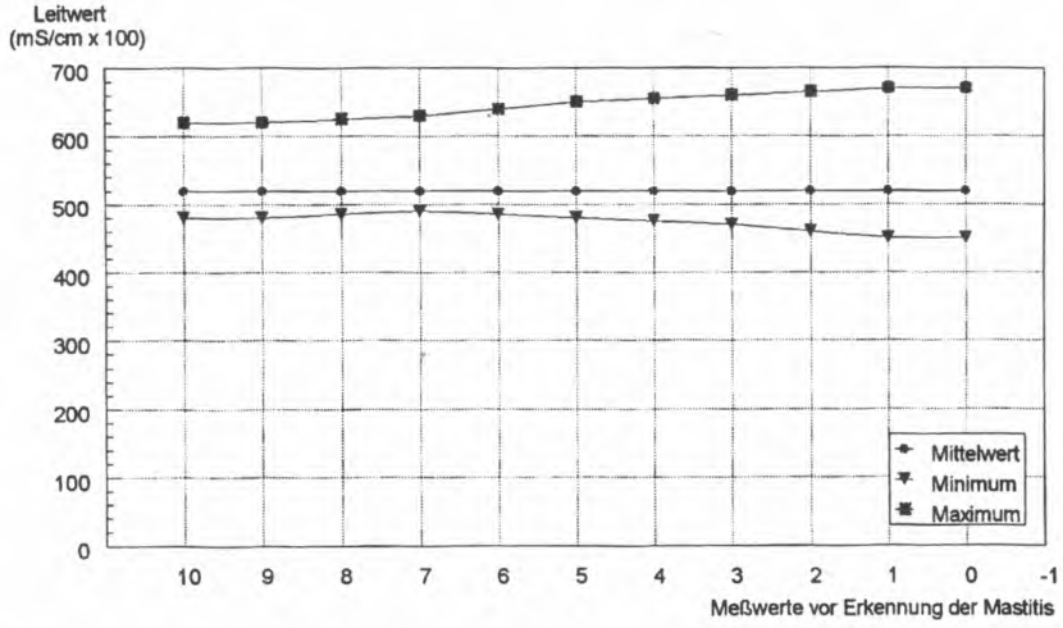


Abb.3: Verlauf der Leitfähigkeit der Milch im Vorfeld der klinischen Mastitis ($\bar{x}$ aller erkrankten Kühe)

Die Mittelwertanalyse zeigt auch hier keine Veränderungen vor dem Zeitpunkt, an dem die Mastitits klinisch offensichtlich wird.

Im folgenden sollen Einzeltiere, die zufällig aus der Gruppe der Erkrankten ausgewählt wurden, betrachtet werden.

Die Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der Abweichung der Milchflußgeschwindigkeit vom gleitenden Mittelwert über 20 Gemelke. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Tiere in der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraumes gesund waren. Es zeigt sich, daß mit Annäherung an den Erkrankungszeitpunkt die Schwankungen um den Mittelwert größer werden.

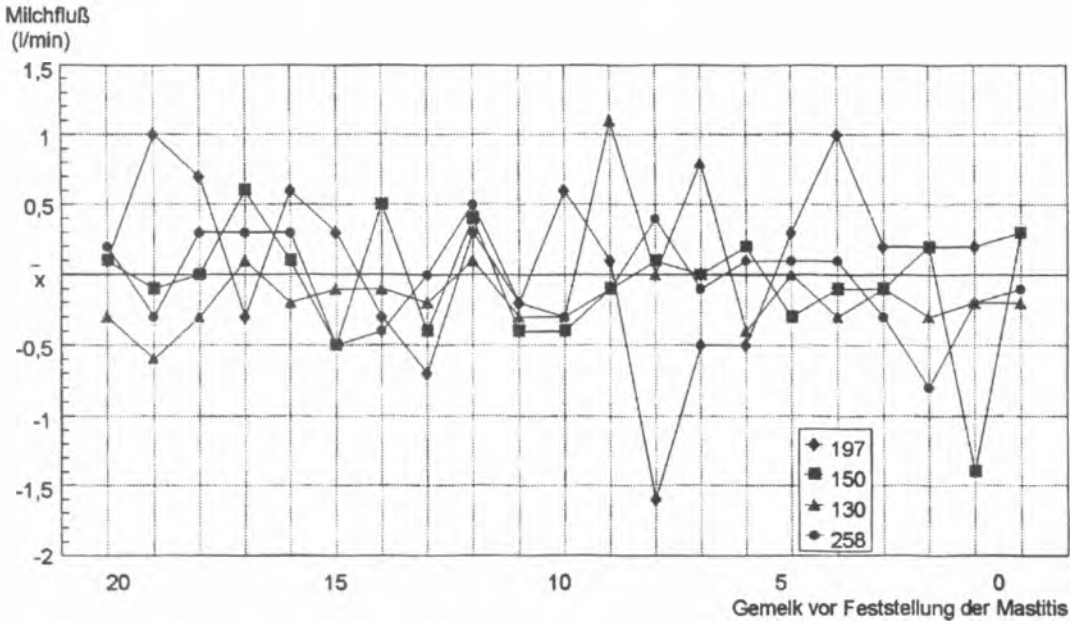


Abb.4: Abweichungen der Milchflußgeschwindigkeit vom gleitenden Mittelwert

In Tabelle 1 wird eine Trendbetrachtung über die Entwicklung verschiedener Melkparameter im vorklinischen Stadium angestellt. Darin sind alle Kühe enthalten, die innerhalb des Untersuchungszeitraumes erkrankten.

Tab.1: Qualitative Bewertung der Entwicklung von Melkparametern erkrankter Kühe im Vorfeld der Feststellung der klinischen Mastitis

Kuh - Nr.	Tagesgemelk	Abweichung der mittleren Milchflußgeschwindigkeit	Abweichung der maximalen Milchflußgeschwindigkeit	Leitfähigkeitswert der Milch
102	↘ **	↘ **	↘ **	↘ *
278		↗ *	↗ *	
307				↗ *
415		↘ **	↗ *	
327		↘ **		↘ *
375				↘ *
471	↘ **	↘ **		↗ **
473	↘ **	↘ **	↘ **	↗ *
18	↘ **			↗ *
19		↘ **		↗ *
98		↘ **	↘ **	↗ **
150	↘ *	↘ **	↘ **	↘ *
163				↘ *
446	↘ *	↘ **	↘ **	↗ *
298	↘ *			↗ *
197		↘ **	↗ **	↗ *
487				↘ *
81		↘ *		
117		↘ **	↘ **	
130		↘ **	↘ **	↗ *
203			↘ **	
243	↘ *			↘ **
474	↘ **			↘ *
86	↘ **			
258	↘ **	↘ **	↘ **	↗ **
267	↗ *		↘ *	↗ **
403	↗ *			
483				↘ *

keine Veränderung	54%	46%	54%	21%
↗	7%	4%	11%	46%
↘	39%	50%	35%	33%

*) *Einfluß deutlich* ↘) *abnehmend*

**) *Einfluß sehr deutlich* ↗) *zunehmend*

Sowohl beim Tagesgemelk als auch als auch bei der Abweichung der mittleren und maximalen Milchflußgeschwindigkeit sowie der elektrischen Leitfähigkeit sind keine zielgerichteten Veränderungen festzustellen. Die Werte der Milchflußgeschwindigkeit ändern sich im vorklinischen Bereich zu 46 bis 54 % überhaupt nicht.

Schlußfolgerungen

Aus den Ergebnissen lassen sich in Beantwortung der Arbeitshypothese folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Aus den Untersuchungen kann noch nicht eindeutig abgeleitet werden, daß ein Zusammenhang zwischen Eutergesundheitsstörungen und Milchflußgeschwindigkeit besteht.
- Die praxisübliche rechnergestützte Ermittlung des Milchflusses für das Gesamtgemelk ist als Indikator zur Mastitisfrüherkennung ungeeignet.
- Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Sammelmilch eines Gemelkes bringt kaum Vorteile für eine Früherkennung von Eutererkrankungen.
- Weitere Untersuchungen der Milchflußcharakteristik erkrankter Viertel sind notwendig, weil hier eine Überlagerung durch die Milchflußeigenschaften der gesunden Viertel ausgeschlossen ist.

Mistakes in Machine Milking and Their Analysis

KIIMAN, HELI[1,2]

[1] Estonian Agricultural University

[2] Estonia, EE2400, Tartu, Kreutzwaldi 1

Introduction

Milk is a basic product of the dairy industry. Milk is regarded as an excellent dietary source of proteins, sugars and minerals, in particular when milk is produced by healthy cows. Milk from healthy udders contains a minimum of bacteria and somatic cells.

The secretion of large amount of high-quality milk is the basic purpose of the present-day dairy cow. The removal of large amounts of high-quality milk from the udders of dairy cows with minimum damage to the udders is the most important job of the dairy farmers.

Improper or careless milking practices may result in decreased let-down, increased incidence of udder diseases, decreased milk quality and ultimately decreased productivity and profitability.

To achieve the goal of the milking program requires a basic understanding of the anatomy and physiology of the bovine udder, the process and control of milk synthesis and milk let-down, and the function of milking machines. The milking is a skill that can be learned through practical experience.

A good milking technique is of utmost importance and a milker develops a routine that is followed during each milking.

To minimize mastitis problems and to milk cows effectively and efficiently, attention must be paid to cow preparation, stimulation of milk let-down, and procedures used to apply and remove teat cups. Milking requires more time than any single chore in the production of milk.

The purpose of the trials was to clear up the quality of milker's work and to find connections between the mistakes made during milking.

Material and Method

Material was obtained from Selja, Piistaoja and Pôlva County in 1995.

It was an operational observation of a milker's working during which each element of the working process was registered.

Working time observation of milkers took place during one day after control-milking on the farm. If the working time observations were carried out one day after control-milking on the farm, we could fix somatic cell count in the milk of the cows used in our trials.

The milkers working in the stanchion barns had considerably smaller cow groups compared to those working in the milking parlours. For this reason the working time observation of a milker milking 10 cows was carried out.

16 operators were milking with milking equipment "Impulsa" M620 and 25 were milking with milking equipment ADM-8. In the dispersion analysis there was used the Genmode procedure of program SAS and Spearman procedure of program SAS by finding correlation coefficients.

Carrying out the working time observations of milkers, all the working operations performed by milkers were registered.

The registered working operations and their elements by milking were as follows:

I Basic work

1. Preparation of cows for milking (cleaning, washing, drying, massaging of udder and stripping to detect early stages of clinical mastitis)
2. Attaching the milking unit to a cow
3. Control of the milking unit and udder by milking
4. Machine stripping
5. Washing the milking unit
6. Removing milking unit
7. Washing hands and cloth towel.

II Exploitation of milking units

1. Milking
2. Machine stripping
3. Overmilking

An operation "walking", i.e. a milker is going over from one working operation to another, is also registered.

Results

It appeared from the results of the milker's working time observations carried out in 1995, that milkers were making mistakes in the basic regulations on machine milking. In Table 1 and Table 2 the results of the investigation of milkers working with the milking unit "Impulsa" M 620 and with the milking unit ADM-8, are presented.

One of the mistakes occurring most often is the insufficient preparation of cows for milking. Before milking, the cow must be prepared. Proper udder preparation stimulates the cow to let down her milk. It removes microorganisms from the udder and teat skin, thereby reducing the risk of udder infection. In machine milking, dry cleaning of the udder and teats may be sufficient, in particular when the cows are kept in a pasture or in a loose housing system with clean free stalls, dirty udders should be washed with lukewarm water from a bucket and be dried thereafter with a towel.

There is a demand that cows must be prepared at least during 30 seconds (Barkala, K., 1976, Valdmann, E., 1974).

From Table 1 and Table 2 we can see that the average preparation time of cows for milking with pipeline unit "Impulsa" M620 and ADM-8 was 28 seconds per cow. There were large differences between milkers devoting time to this operation - from 15-39 seconds per cow.

The duct system itself is opened by direct nerve impulses generated by the massage of the teats and udder. The milk is said to be "let down". The hormone oxytocin actuates the milk let-down mechanism. During working-time observations we saw that some workers do not massage the teats and the udder.

Massage is quite important because the oxytocin production lasts about 5-7 minutes (Etgen. W.M., 1987.). From this it follows that the cow must be milked within this period.

Tab. 1: The results of the investigation of milkers working with the milking unit "Impulsa"M620

Milker	Duration of udder preparation, sec	Delay in applying milking unit to cow		Over-milking		Machine stripping, sec	Average milk yield per cow, kg	Somatic cell count, No of cows			
		No of cows	per cow, sec	No of cows	per cow, sec			0	1	2	3
1	19	7	61	3	15	42	3750	5	2	2	1
2	32	3	15	3	10	15	5123	8	1	1	-
3	34	2	9	-	-	18	5202	7	2	1	-
4	32	-	-	-	-	22	5222	9	1	-	-
5	32	7	34	1	11	16	5040	10	-	-	-
6	20	8	47	4	35	43	3960	4	3	3	-
7	23	8	37	3	27	40	3907	5	1	3	1
8	15	7	45	2	13	43	3505	4	4	2	-
9	34	2	32	-	-	23	5051	10	-	-	-
10	32	1	9	-	-	20	5405	8	1	1	-
11	38	1	14	2	15	18	5309	9	1	-	-
12	23	4	48	4	69	41	3754	7	2	-	1
13	33	-	-	-	-	19	4996	10	-	-	-
14	38	-	-	1	9	20	5495	9	-	1	-
15	32	2	32	-	-	23	5010	40	-	-	-
16	17	3	51	5	82	44	3644	5	3	1	1
Average	28		27		18	28	4642				
Total		55		28				120	21	15	4

An important part of the udder preparation is checking the foremilk with a strip cup. The milkers quite often forgot to do that.

Milkers lost time between stimulation and actual attaching the milking machine unit clusters to the cow. 9 milkers of 41 were not late in attaching the milking unit to the cow and 6 milkers of 41 were late in attaching the milking unit to only one cow.

It appeared from the results of the observations that if the milker was late in attaching the milking unit, in most cows this time was longer than the same in one or two cows. Why the milkers were late in attaching the milking unit to cow? It was because they were working with more milking units than they were able to follow.

The teat cups should be gently attached in a correct manner and with minimum loss of vacuum, usually within 30 seconds from the end of stimulation or as soon as the teats are full of milk.

Watch fullness during milking is quite important. At all times full attention must be paid to the functioning of each cluster unit of the milking machine to achieve optimal milkaut. The milker must milk only as many cows as he or she can handle efficiently.

It appeared from the observations, that some milkers did not pay necessary attention to watching the milking machine. It may result in overmilking. In Tables 1 and 2 there are the number over-milking cows and the time of over-milking. There were large differences in overmilking duration from 10 to 99 seconds.

Tab. 2:The results of the investigation of milkers working with the milking unit "Impulsa" M 620

Milker	Duration of udder preparation, sec	Delay in applying milking unit to cow		Over-milking		Machine stripping, sec	Average milk yield per cow, kg	Somatic cell count, No of cows			
		No of cows	per cow, sec	No of cows	per cow, sec			0	1	2	3
1	38	2	41	6	38	43	4602	8	2	-	-
2	39	-	-	-	-	19	5580	9	1	-	-
3	34	-	-	-	-	21	5146	7	2	1	-
4	28	3	34	1	10	24	3705	9	-	1	-
5	37	-	-	3	52	20	5109	7	3	-	-
6	23	6	36	2	16	39	4750	5	2	2	1
7	24	7	47	6	48	36	4180	8	-	1	1
8	16	4	70	5	64	44	3847	6	3	-	1
9	18	9	54	4	98	62	3509	5	2	2	1
10	24	6	28	2	64	70	3304	7	1	2	-
11	20	7	39	4	99	23	4009	7	1	2	-
12	34	-	-	-	-	20	5109	10	-	-	-
13	33	1	13	-	-	18	4905	9	1	-	-
14	31	-	-	-	-	19	4995	10	-	-	-
15	24	3	51	3	74	36	4050	6	3	1	-
16	34	1	12	2	15	18	5290	9	1	-	-
17	38	-	-	-	-	21	5403	9	-	1	-
18	23	4	64	4	72	47	3705	7	2	-	1
19	21	4	53	3	47	38	4340	4	3	3	-
20	34	1	10	-	-	35	5080	7	2	1	-
21	18	2	42	5	79	41	3540	3	4	2	1
22	34	1	18	-	-	20	5705	8	2	-	-
23	33	2	30	-	-	21	5003	10	-	-	-
24	15	7	49	2	14	46	3501	4	4	2	-
25	20	8	31	4	21	44	3609	4	3	3	-
Average	28		29		32	33	4479				
Total		78		56				178	42	24	6

Teat cup should be removed gently after shutting of the vacuum supply to the cluster unit. The removal of the cluster unit has top priority over all other operations. Risk of adverse effects on udder health is great during overmilking, if the milking machine does not function properly (J. Rost, 1995).

In Tables 1 and 2 the somatic cell count is classified as follows:

0 - somatic cell count $\leq$ 500 000

1 - 501 000 - 1000 000 somatic cell count in 1 ml milk

2 - 1000 000 - 2000 000 somatic cell count in 1 ml milk

3 - more than 2000 000 somatic cell count in 1 ml milk.

Duration of udder preparation for milking plays essential part to the average milk yield per cow. When there was devoted more time to udder preparation for milking, then the average milk yield per cow was higher ($r = 0,85^{xxx}$, Table 3).

Tab.3:Coefficients of correlation between the main parameters

Items	Duration of udder preparation	Overmilking	Delay in applying the milking unit to the cow
Milk yield per cow	$0,85^{xxx}$	$-0,67^{xxx}$	$-0,75^{xxx}$
Machine stripping	$-0,71^{xxx}$	$-0,63^{xxx}$	$0,73^{xxx}$
Number of delays in applying the milking unit to the cow	$-0,78^{xxx}$	$-0,61^{xxx}$	$0,81^{xxx}$

From Tables 1 and 2 appeared that milkers, who devoted to the udder preparation less time and prepared several cows for milking at the same time were delaid in applying milking unit to cow. The number of delays in applying milking unit to cows is essential. When there was a delay in applying milking unit to several cows, then the mean time in delay was longer ($r = 0,81^{xxx}$, Table 3).

In many milker's dairy groups, the time delays from the first stimulation of the cow until the milking units are applied ranges from two to six minutes. A long stimulation and waiting time reduces fat tests, slows milking, and increases milking time and may increase somatic cell count or mastitis problems.

Milkers, who devoted to udder preparation less time, were devoting to machine stripping quite much time ($r = -0,71^{xxx}$, Table 3). The rules of machine milking do not permit devote to machine stripping more than 30 seconds. In young cows the time of machine stripping may be up to 15 seconds (W.M. Etgen, 1987).

When the empty milking is lasting too long, it may reduce the average milk yield per cow ($r = -0,67^{xxx}$).

By the dispersion analysis of average milk yield per cow the duration of udder preparation, machine stripping and the work quality of milker are considered most important.

References

BARKALA, K., TEETSOV H., PAASIK R. (1976): Lüpsiandmeid tuleb ôigesti kasutada, Sotsialistlik Pôllumajandus 6, 264-266.

ETGEN W.M., JAMES R.E., REAVES P.M. (1987): Dairy cattle feeding and manegement.

ROST J (1995):. Proper Milking Practice, Veepro Holland 22, 22-23.

VALDMANN E. (1974): Masinlüpsi füsioloogilised alused, Veisekasvatuse arendamisest Eestis, 85-104.

Kälbermast in Gruppenhaltung mit automatisierter Tränke

PIRKELMANN, HEINRICH, SÜSS, MARTIN, ZENS, HANS

Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub, 85586 Poing

1 Einleitung

Die Kälberhaltungsverordnung ist nach Ablauf der letzten Übergangsfristen nunmehr endgültig in Kraft getreten. Im Gegensatz zur Kälberaufzucht stößt die Umsetzung in der Mast noch auf große Schwierigkeiten. Durch die Umstellung von der Einzel- auf die Gruppenhaltung werden von vielen Kälbermästern eine erhöhte Infektionsgefahr der Kälber beim Zukauf, eine erschwerte individuelle Fütterung, eine mangelnde Überwachung und damit insgesamt schlechtere Mastergebnisse befürchtet.

Um die Auswirkung der Gruppenhaltung hinsichtlich Tierverhalten, Tiergesundheit, Futterverbrauch, Tierentwicklung und Fleischbeschaffenheit überprüfen zu können, wurde in einem Vergleichsversuch die Einzelhaltung in Boxen der Laufstallhaltung gegenübergestellt.

2 Versuchsdurchführung

2.1 Haltungsbedingungen

Der Versuch wurde in einem wärmegedämmten Stall mit Unterdrucklüftung auf dem Versuchsgut Karolinenfeld der Staatlichen Versuchsgüterverwaltung Grub durchgeführt. Die Einzelboxen in den Abmessungen von 1,2 x 2,0 m sind mit einem angehobenen Rostboden ausgestattet und werden mit und ohne Einstreu betrieben.

Die Gruppenbuchten sind als Zweiraumlaufstall mit eingestreutem Liegebereich als Tiefstreu und angehobenem Freßplatz mit Spaltenboden ausgebildet. Die Buchtengröße ist auf 4 Kleingruppen mit je 5 Tieren und eine Großgruppe mit 20 Tieren ausgelegt. Pro Kalb stehen eine Liegefläche von 1,6 m² und eine Gesamtfläche von 2,5 m² zur Verfügung.

2.2 Versuchstiere

Als Versuchstiere wurden 52 weibliche Fleckviehkälber nach Gewicht auf die einzelnen Gruppen aufgeteilt (Tabelle 1). Sie hatten mit 73,8 kg ein für Mastkälber relativ hohes Einstallgewicht, das aber auf süddeutschen Kälbermärkten üblich ist.

Die Kälber wurden im Versuchsschlachthof der BLT Grub in 3 Abschnitten mit wöchentlichem Abstand geschlachtet, wobei jeweils die schwersten Tiere aus jeder Gruppe ausgewählt wurden. Dadurch ergab sich eine maximale Differenz in der Länge der Mastperiode von 2 Wochen.

Tab. 1: Einstallgewicht der Kälber und Aufteilung auf die Versuchgruppen

Behandlung	Tiere	Einstallgewicht kg			
	n	ø	min	max	s
Einzelhaltung					
mit Stroh	6	72.4	67.2	81.6	6.0
ohne Stroh	6	76.2	71.4	82.4	3.8
ø	12	74.3	67.2	82.4	5.2
Kleingruppen					
1	5	68.7	67.4	70.4	1.3
2	5	71.4	70	73.6	1.4
3	5	76.7	73.8	78.4	2.1
4	5	79.5	77	81.6	2.3
ø	20	74.1	67.4	81.6	4.7
Großgruppe	20	73.3	61.6	86.6	5.6
insgesamt ø	52	73.8	61.6	86.6	5.1

2.3 Fütterung und Tierbetreuung

Zur Tränkeaufbereitung kam ein Milchaustauscher (MAT) mit 50,5 % Magermilchanteil und einem Rohproteingehalt von 22 % zum Einsatz. Die Menge und Konzentration für die einzelnen Mastabschnitte ist dem Tränkeplan in Tabelle 2 zu entnehmen.

Die Tränke erfolgte in der Einzelhaltung und den Kleingruppen 2 mal täglich von Hand. Dazu wurden die Kälber in der Gruppenbucht in einem Selbstfangfreßgitter fixiert und blieben bis zu 30 Minuten nach der Tränke eingesperrt. Die Kälber der Großgruppe wurden über einen rechnergesteuerten Tränkeautomaten mit einer Saugstelle und 4 einprogrammierten Tränkezeiten versorgt.

Tab. 2: Tränkeplan

Futter-wochen	Lebendgewichts-bereich (kg)	MAT kg/Tag	MAT zu 1 l Wasser	Tränke l	MAT kg/Wo.	MAT Summe
1	74-78	0,49-0,69	80-120	6,4-6,6	4,32	
2	78-82	0,72-1,01	120-144	6,6-7,8	6,04	10,36
3	82-89	1,05-1,50	148-170	7,8-10,0	8,66	19,01
4	89-99	1,56-1,90	177-200	10,0-11,0	12,08	31,10
5	99-111	1,90-2,05	200	11,0-12,0	13,74	44,84
6	111-122	2,05-2,39	200-215	12,0-13,0	15,59	60,42
7	122-133	2,39	215	13,0	16,70	77,12
8	133-144	2,40-2,48	216-225	13,0	17,07	94,18
9	144-154	2,48	225	13,0	17,35	111,54
10	154-165	2,48-2,60	217-228	13,5	17,81	129,35
11	165-173	2,60-2,70	228-238	13,5	18,54	147,88
12	173-182	2,70	238	13,5	18,87	166,76

Die Kälber in den Einzelboxen ohne Stroheinstreu erhielten in den ersten 2 Wochen täglich 100 g und später 200 g Heu. In allen Einstreuvarianten wurde wegen der möglichen Strohaufnahme kein zusätzliches Heu verabreicht.

Zur Erfassung der Tiergewichtsentwicklung fanden wöchentliche Wiegungen, jeweils am gleichen Wochentag und zu gleicher Tageszeit, statt.

Das Tierverhalten wurde in den Kleingruppen und der Großgruppe durch visuelle Beobachtungen an 6 Perioden von 11 Stunden, insbesondere hinsichtlich des gegenseitigen Besaugens erfaßt. In der Automatengruppe konnte zusätzlich der individuelle Verzehrsrhythmus durch die automatische Aufzeichnung der Standbesuche in einem speziellen Kalbmanager- und Institutsprogramm erfaßt werden.

3 Versuchsergebnisse

3.1 Haltungssystem

Die Aufstallung im Zweiraumlaufstall mit eingestreutem Liegebereich und Spaltenboden am Futtertisch hat sich als funktionsfähig erwiesen. Da zum Teil von den Kälbern Stroh auf den Spaltenboden getragen wurde, mußte jedoch von Zeit zu Zeit von Hand gereinigt werden. Beim Ablassen des Staukanals im Zeitabschnitt von 4 Wochen floß die Gülle ohne Probleme ab.

Der Strohverbrauch betrug in den Einzelboxen ca. 1 kg, in den Kleingruppen 2,1 kg und in der Großgruppe 1,7 kg pro Tier und Tag, so daß über die Mastperiode von 90 Tagen zwischen 89 und 187 kg Stroh verbraucht wurden. Das Einstreuen erfolgte je nach Bedarf jeden 2. oder 3. Tag, gegen Ende der Mast täglich. Entmistet wurde 2 mal während und am Ende der Versuchsperiode.

3.2 Gewichtsentwicklung

Bei einer durchschnittlichen Mastdauer von 90 Tagen wurde im Mittel ein Mastendgewicht von 190,1 kg erreicht (Tabelle 3). Dies bedeutet einen durchschnittlichen Fleischzuwachs von

Tab. 3 Tägliche Zunahmen und Mastendgewichte

Behandlung	Tiere	Zunahmen g				Mastendgewicht kg			
	n	ø	min	max	s	ø	min	max	s
Einzelhaltung									
mit Stroh	5	1232,4	940,2	1360,0	172,0	191,1	172,8	198,4	10,8
ohne Stroh	6	1271,4	1104,4	1388,0	104,6	188,8	181,8	192,2	4,2
ø		1253,7	940,2	1388,0	133,1	189,9	172,8	198,4	7,5
Kleingruppen									
1	5	1371,9	1222,7	1501,2	100,9	189,8	185,4	195,0	4,5
2	5	1249,5	985,6	1353,3	151,7	187,0	169,2	194,4	10,2
3	5	1312,0	1119,6	1457,8	138,5	190,4	182,4	199,4	6,3
4	5	1357,6	1274,7	1501,2	89,3	192,2	187,4	206,0	7,9
ø		1322,7	985,6	1501,2	122,9	189,9	169,2	206,0	7,2
Großgruppe	20	1291,2	1135,6	1484,3	89,7	190,5	178,2	205,4	5,3
alle Tiere ø	51	1295,5	940,2	1501,2	114,1	190,1	169,2	206,0	6,5

117,2 kg (s = 7,9) über die gesamte Mastperiode. Die sich daraus ergebenden täglichen Zunahmen liegen in vergleichbarer Höhe. Die zwischen den Behandlungen auftretenden Unterschiede lassen sich statistisch nicht absichern. In keinem Fall ist die Gruppenhaltung der Einzelhaltung unterlegen.

Nach dem Verlauf der Zunahmen hatten die Kleingruppen zunächst den besseren Start, wäh-

rend die Großgruppe gegen Ende des 1. Mastdrittels eindeutig überlegen war (Abbildung 2). Im 2. Mastdrittel wurde mit 1400 - 1600 g täglicher Zunahme ein weitgehend einheitliches Leistungsniveau erzielt. Im letzten Drittel traten wiederum stärkere Unterschiede auf. Auffallend ist vor allem der starke Einbruch der Automatengruppe von der 10. auf die 11. Woche um mehr als 600 g. Eine Erklärung für diese ungewöhnliche Entwicklung liegt leider nicht vor, wenn auch ein verringerter Tränkeabruf und eine höhere Wasseraufnahme eine technische Störung in dieser Phase vermuten läßt.

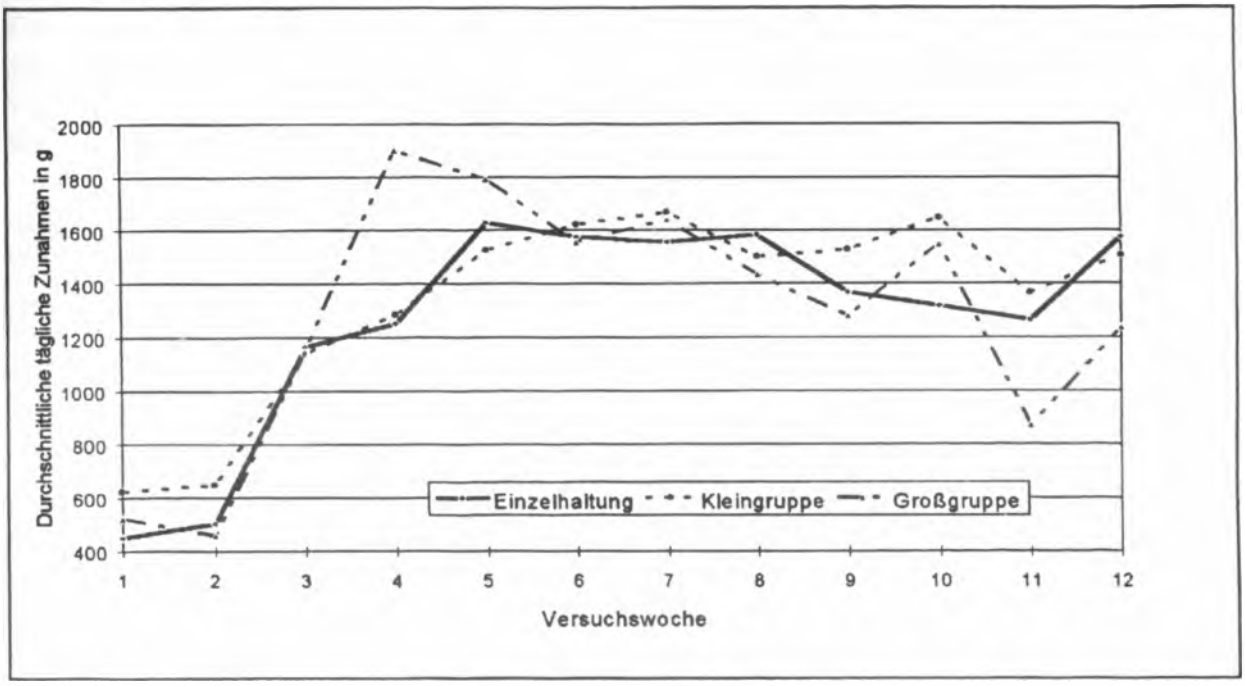


Abb. 2 Tägliche Zunahmen innerhalb der Versuchswochen

3.3 Futterverbrauch

Bei gleicher Rationsvorgabe in allen Behandlungen ergeben sich nur geringe Unterschiede im Milchpulververbrauch durch die aufgetretenen Restmengen und die unterschiedliche Mastdauer (Tabelle 4). Der spezifische Verbrauch streut von 1,51 bis 1,65 kg MAT pro kg Fleischzuwachs.

Bei der strohlosen Einzelhaltung kommt noch der Verzehr von ca. 17 kg Heu dazu, wobei zum Teil Streuverluste auftraten. Die Strohaufnahme in den eingestreuten Varianten konnte nicht registriert werden. Nach visuellen Beobachtungen ist aber vor allem unmittelbar nach dem Einstreuen ein beachtentenswerter Verzehr gegeben.

Die zusätzliche Wasseraufnahme hat in der Einzelhaltung pro Tier und Tag 4,0 l, in der Kleingruppe 9,3 l und in der Großgruppe 5,5 l betragen. Die deutliche Differenz zwischen den Kleingruppen und der Automatengruppe könnte in der unterschiedlichen Aufnahmefrequenz der Tränke begründet sein. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die Wassermengen mit konventionellen Wasseruhren gemessen wurden und bei den geringen Durchflußmengen pro Trinkvorgang meßtechnische Fehler auftreten können.

Tab. 4: Verbrauch an Milchaustauscher (MAT)

Behandlung	MAT kg pro Kalb	MAT kg pro kg Fleischzuwachs
Einzelhaltung mit Stroh	193,6	1,65
ohne Stroh	181,5	1,61
Kleingruppen	175,3	1,51
Großgruppen	183,3	1,56

3.4 Tiergesundheit

Bei der Einstellung wurden alle Kälber prophylaktisch mit einem kombinierten Impfstoff gegen Grippe und BRSV geimpft. Die darüber hinaus nach Bedarf erforderlichen Behandlungen waren insbesondere wegen Durchfall, Fieber, Atemwegserkrankungen und einer Lungenentzündung verursacht und hatten erhebliche Unterschiede im Medizinalaufwand zur Folge (Tabelle 5).

Tab. 5: Krankheitsbefall und Arzneimittel- und Tierarztkosten

Behandlung	Tiere insges. n	Tiere erkrankt n	Kosten/Gruppe DM	Kosten/Kalb DM
Einzelhaltung mit Stroh	5	2	266,80	44,47
ohne Stroh	6	2	198,32	33,05
Kleingruppen	20	10	839,13	41,96
Großgruppe	20	4	230,20	11,51

Der hohe Behandlungsaufwand in der Einzelhaltung mit Stroh ist vor allem auf ein sehr häufig erkranktes Kalb zurückzuführen. Ein Tier in dieser Gruppe verendete durch einen von der Stalleinrichtung bedingten Unfall. Bei den Kleingruppen war vor allem eine Gruppe sehr krankheitsanfällig und mußte entsprechend oft behandelt werden. Die wenigsten gesundheitlichen Störungen traten in der Großgruppe auf, so daß sich die häufig geäußerten

Befürchtungen einer verstärkten Ansteckung in der Gruppe, vor allem auch durch Nutzung nur eines Saugers am Automaten im vorliegenden Versuch nicht bestätigen.

3.5 Tierverhalten

Im Tierverhalten sind vor allem die Interaktionen in den verschiedenen Gruppengrößen und der Vergleich der Tränkesysteme von Interesse (Tabelle 6). Das meist am Praeputium und Scrotum gegenseitige Besaugen, zum Teil in Kettenreaktionen mit mehreren Tieren, trat am häufigsten in der Großgruppe mit Tränkeautomat auf. Es findet vorwiegend im Bereich des Tränkestandes statt und wird durch die systembedingte sequentielle Tränkeaufnahme begünstigt, wurde aber auch im Liegebereich festgestellt. Auch das Belecken der Stalleinrichtungen trat in dieser Gruppe nahezu so oft wie in der Einzelhaltung auf. Die anderen Kriterien sind von untergeordneter Bedeutung.

Tab. 6 Anzahl der Interaktionen (6 Beobachtungen á 11 Std.)

Haltungssystem	gegenseitiges Besaugen		Belecken der Stalleinrichtungen		Maul:Maul Kontakte		Zungen-Spiel	
	insges.	pro Tier	insges.	pro Tier	insges.	pro Tier	insges.	pro Tier
Einzelhaltung	-	-	253	21,1	38	3,2	15	1,3
Kleingruppen	49	2,5	135	6,8	50	2,5	26	1,3
Großgruppe	173	8,7	345	17,3	48	2,4	30	1,5

Nach einer tierindividuell unterschiedlich langen Anlernphase in den ersten Tagen haben alle Tiere den Tränkeautomaten regelmäßig aufgesucht. Die Anzahl der Besuche hat im Verlauf der ersten 3 Wochen zugenommen und ist dann tendenziell wieder abgeflacht (Abbildung 3).

Nur etwa 1/3 der Besuche dienen der effektiven Tränkeaufnahme. Die zusätzlichen Standzeiten bzw. Fehlbesuche häufen sich jeweils gegen Ende der 4 einprogrammierten Intervalle. Insgesamt entfallen etwa 30 - 50 Minuten pro Kalb und Tag auf die Stationsbesuche, davon weniger als 10 Minuten über die gesamte Tränkeperiode auf die Milchaufnahme. Die Abrufquote liegt über 95 %.

3.6 Schlachtdaten [1]

Die Ausschlachtungsergebnisse bewegten sich bei der Einzelhaltung zwischen 61 und 63 % (Tabelle 7). Die Tiere der Gruppenhaltungen lagen dazwischen, wobei die Kleingruppen günstiger abschnitten als die Großgruppe. Insgesamt zeichnen sich jedoch nur geringe Unterschiede ab.

[1] Die Erfassung und Auswertung der Schlachtdaten erfolgte dankenswerterweise von Dr. A. Holzer und Ing. agr. M. Pickl

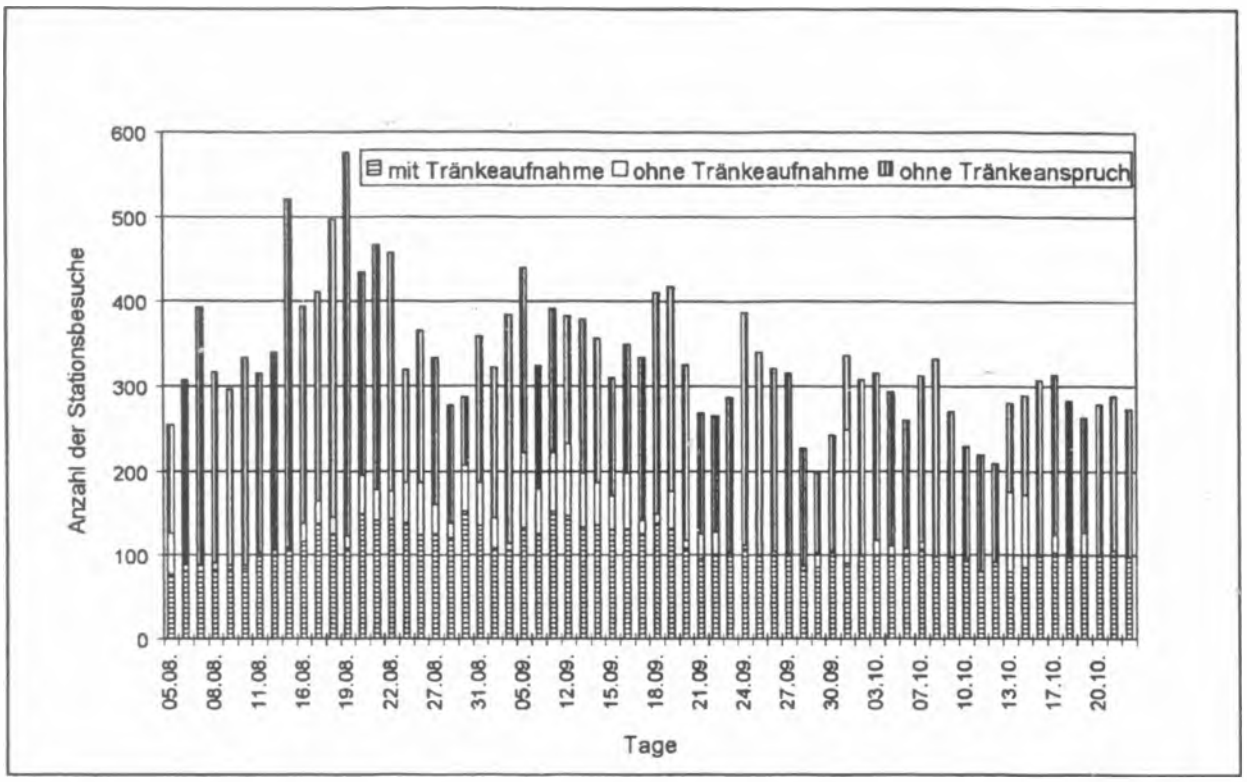


Abb. 3 Anzahl der Besuche am Tränkeautomaten über die Mastperiode

Die hämatologischen Kennwerte zur Charakterisierung des Fleisches lagen alle im physiologischen Bereich (Tabelle 8). Bei Hämoglobingehalten über 10 wurde bei keiner Behandlung weißes Kalbfleisch erreicht. Die Farbe tendierte generell zu einem hellen Rosa. Dies bestätigten auch die spektralfotometrischen Messungen (Tabelle 9). An der Brust und Fleischdünnung konnte bei keinem der gemessenen Merkmale ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Nur in der durch die Bewegung stärker beanspruchten Muskulatur der Oberschale ergeben sich im Trend Hinweise auf ein intensiveres Rosa für die gruppengehaltenen Tiere.

Tab. 7 Ausschlachtungsergebnisse

Behandlung	Tiere n	Lebendgewicht kg	Hälftengewicht kg	Ausschlachtung %
Einzelhaltung mit Stroh	5	181,20	114,18	63,01
ohne Stroh	6	178,53	109,33	61,13
Kleingruppen 1	5	180,20	113,42	62,94
2	5	178,20	110,62	62,08
3	5	181,20	113,64	62,72
4	5	181,60	113,84	62,69
Großgruppe	20	183,10	112,53	61,46

Tab. 8 Hämatologische Kennwerte

Merkmale	Einzelboxen		Kleingruppen	Großgruppe	F-Wert	Ref. Wert
	mit Stroh	ohne Stroh				
Hämoglobin (g/dl)	11,0	11,6	11,3	11,3	0,30 ns	8,5-13,5
Erythrozyten (Mio/cmm)	7,6	8,8	8,8	8,4	1,53 ns	5,0-9,7
MCH (pg)	14,7	13,4	13,0	13,6	2,35 (x)	13,0-17,0
HK (%)	29,9	33,9	33,2	32,3	1,32 ns	22,0-44,0

MCH : mittlerer korpuskulärer Hämoglobin-Gehalt je Erythrozyt

HK : Hämatokrit (prozentualer Anteil der Erys am Blutvolumen)

Tab. 9 Fleischfarbe (24 h p.m.) an der Oberschale

Merkmal	Einzelboxen LSQM	Gruppenhaltung LSQM	F-Wert
l-Wert (Helligkeit)	35,4	33,4	5,35 *
a-Wert (Rotton)	8,4	9,0	0,88 ns
b-Wert (Gelbton)	0,6	- 0,8	5,79 *
h-Wert (Farbton)	0,08	- 0,07	6,18 *

3.7 Arbeitswirtschaftliche Kenndaten

Der Arbeitszeitbedarf für die Kälbermast ist in den untersuchten Haltungssystemen in die täglichen Routinearbeiten und die periodisch anfallenden Arbeiten zu untergliedern (Tabelle 10).

Tab. 10 Arbeitszeitbedarf in den verschiedenen Haltungsverfahren

Tägliche Arbeiten	Einzelhaltung Handtränke		Gruppenhaltung Handtränke		Großgruppe Automat	
	AKmin/Tg	AKmin/Mastp.	AKmin/Tg	AKmin/Mastp.	AKmin/Tg	AKmin/Mastp.
Tränken	3,1		3,1		-	
Wartung Tränkeautom.	-		-		0,47	
Einstreuen	0,38		0,22		0,22	
allgemeine Arbeiten	0,14		0,14		0,14	
Sa.	3,62	325,8	3,46	311,4	0,83	74,7
Periodische Arbeiten (3 x pro Mastperiode)						
Entmisten	14,05		1,22		1,22	
Einstreuen	1,79		0,83		0,83	
Rüstarbeiten	3,23		0,61		0,61	
Sa.	19,07		2,66		2,66	
	37,21		7,98		7,98	
Gesamt AKmin		383,01		319,38	82,68	
AKh/Kalb		6,4		5,3	1,4	

Die meiste Zeit beansprucht die Handtränke. In der Handarbeitsstufe bringt die Gruppenhaltung eine Reduzierung von etwa 20 % gegenüber der Einzelboxe. Die geringste Arbeitsbelastung verursacht die Großgruppe mit Automatentränke und ermöglicht zudem die flexiblere Arbeitserledigung, da die routinemäßigen Überwachungsarbeiten nicht an feste Termine gebunden sind.

4. Zusammenfassende Wertung

Im vorliegenden Verfahrensvergleich hat sich die Laufstallhaltung als funktionsfähiges System für die Kälbermast erwiesen. In wichtigen produktionstechnischen Kriterien wie Tierentwicklung, Futterverbrauch oder Tiergesundheit besteht eine gute Konkurrenzfähigkeit zur Einzelhaltung.

Aus arbeitswirtschaftlicher und ernährungsphysiologischer Sicht wird in der Gruppenhaltung dem Tränkeautomaten zunehmende Bedeutung zukommen. Verstärkten Interaktionen im Tierverhalten vor allem hinsichtlich des unerwünschten gegenseitigen Besaugens könnte mit einem modifizierten Tränkestand und einem weiterentwickelten Tränkeprogramm entgegengewirkt werden.

Hinsichtlich der Ausschlachtung und Fleischbeschaffenheit wurden in allen Behandlungen vergleichbare Ergebnisse erzielt. Durch die mögliche Heu- oder Strohaufnahme war die Fleischfarbe durch eine ansprechende helle, rosarote Färbung gekennzeichnet.

Die Gruppenhaltung im Laufstall ist nach den erzielten Ergebnissen auch für die Kälbermast ein erstrebenswertes Haltungssystem. Es berücksichtigt die natürlichen Haltungsansprüche der Kälber, ermöglicht kostengünstige Bau- und Mechanisierungslösungen und bringt eine deutliche Reduzierung der Arbeitsbelastung.

5 Literatur

BÜSCHER, W., T. JUNGBLUTH UND M. KERN (1993): Untersuchungen zum Anlernverhalten von Jungkälbern am prozeßrechnergesteuerten Tränkeautomaten, in: Bau und Technik in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 1. internationalen Tagung vom 16./17.3.1993, Gießen, S. 45-53

MOREL, J. (1996): Die Eisenversorgung beim Mastkalb, Agrarforschung 3, S. 53-56

PIRKELMANN, H., E. FRIDAG UND S. HÖRMANNSDORFER (1993): Vergleich der Einzelhaltung von Saugkälbern zur Gruppenhaltung mit Frühgewöhnung an den Tränkeautomaten. in: Bau und Technik in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 1. internationalen Tagung vom 16./17.3.1993, Gießen, S. 55-60

PIRKELMANN, H. ET AL. (1992): Tiergerechte Kälberhaltung mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren, KTBL-Schrift 352

SCHICK, M. UND T. JUNGBLUTH (1990): Arbeitszeitbedarf in der Kälbermast bei Einzel- und Gruppenhaltung, Landtechnik 45, S. 82-83

Eine vergleichende Analyse des TGI 35L/1995 und des TGI 200/1994 zur Beurteilung der Tiergerechtheit von Milchviehhaltungssystemen

PETRA SCHATZ[1], JOSEF BOXBERGER[1], THOMAS AMON[1]

[1] Dipl.-Ing. P. Schatz, o.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.Dr. J. Boxberger, Dr. Th. Amon, Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Wien

1 Einleitung und Problemstellung

Zur Beurteilung eines Haltungssystems können vergleichende oder integrierte Beurteilungssysteme herangezogen werden (SUNDRUM ET AL., 1994).

Integrierte Beurteilungsverfahren, insbesondere der Tiergerechtheitsindex (TGI), haben den Vorteil, daß sie eine ganzheitliche und praxisgerechte Beurteilung von Haltungssystemen ermöglichen und daher vor allem als Kontrollinstrument im Rahmen von Qualitätsprogrammen (z.B. im ökologischen Landbau) oder als Hilfsmittel für die landwirtschaftliche und tierärztliche Beratung eingesetzt werden. Das Ergebnis der TGI-Erhebung bildet vielfach die Grundlage zur Bemessung einzelbetrieblicher Förderungen und hat vor allem aber weitreichende Konsequenzen bezüglich Sicherung definierter Qualitätskontrollen in der Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte.

Haltungssysteme werden derzeit anhand mehrerer, zum Teil sehr unterschiedlicher, TGIs bewertet. Zur Beurteilung der „Tiergerechtheit" von Milchviehhaltungssystemen werden in der Praxis vor allem der TGI 35L-für Rinder und der TGI 200-für Rinder eingesetzt. Beide TGIs müssen eine ausreichende Praktikabilität aufweisen und vor allem auch eine hohe Sensitivität (die Fähigkeit, Haltungsfehler zu erkennen) besitzen. Während bislang durchgeführte Untersuchungen sich im Wesentlichen mit der Praktikabilität der einzelnen TGIs befaßt haben (DAASE 1992, LOTTER 1993, GESSL 1994, MISSONI 1996), konnten bezüglich Sensitivität noch keine Aussagen gemacht werden.

2 Zielsetzung

Hauptziel dieser Arbeit war es, die einzelnen TGIs hinsichtlich ihrer Sensitivität zu untersuchen. Dazu mußte geklärt werden, ob bestimmte baulich-technische Fehler im Milchviehhaltungssystem vom jeweiligen TGI erkannt werden. Im Falle des Nichterkennens von Haltungsfehlern sollten Empfehlungen bzw. Vorschläge zur Verbesserung der Sensitivität erarbeitet werden.

Folgende Fragestellungen waren zu klären:

- Wird ein bestimmter **baulich-technischer Fehler**, der die Gesundheit und das Wohlbefinden der Milchkühe wesentlich beeinträchtigt, im betreffenden Haltungssystem vom jeweiligen TGI tatsächlich erkannt?

- In welchem **Ausmaß** reagiert der angewendete TGI auf bestimmte Fehler bzw. Mängel im betreffenden Haltungssystem, d.h. welche Auswirkungen ergeben sich auf das Gesamt-TGI-Ergebnis?
- Zeigen die jeweiligen TGIs in den ersten beiden Punkten **Unterschiede**?
- Welche **Maßnahmen** können gegebenenfalls vorgeschlagen werden, die Sensitivität der Bewertungsergebnisse weiter zu verbessern?

3 Material und Methode

Das methodische Vorgehen bestand im Wesentlichen in der Durchführung einer Sensitivitätsanalyse (Abbildung1). Diese sollte Aufschluß darüber geben, ob bestimmte objektiv bewertbare, baulich-technische Fehler im betreffenden Milchviehhaltungssystem vom TGI 35L/1995 bzw. vom TGI 200/1994 erkannt werden. Untersucht wurden der Kurzstandanbindestall und der Liegeboxenlaufstall für Milchvieh.



Abb. 1: Durchführung der „Sensitivitätsanalyse"

Ausgehend von den Anforderungen der Tiere an ihre Haltungsumwelt, wurde für das zu bewertende Haltungssystem ein Beurteilungskatalog erstellt. Dieser Katalog enthält die wichtigsten objektiv bewertbaren, baulich-technischen Einflußkriterien, die von der Literatur dafür geforderten Sollwerte bzw. Sollbereiche und exakt definierte Werte, die außerhalb des Sollbereiches liegen und mögliche, in der Praxis häufig auftretende baulich-technische Fehler im Haltungssystem (sogenannte „Schwachstellen") darstellen.

Die einzelnen Einflußkriterien, Sollwerte bzw. Sollbereiche und die baulich-technischen Fehler im Haltungssystem wurden folgenden Funktionskreisen zugeordnet:

- *Nahrungsaufnahmeverhalten*
- *Ausruheverhalten*
- *Lokomotionsverhalten*
- *Sozial-, Komfort- und Ausscheidungsverhalten sowie Bodenbeschaffenheit*

Um zu prüfen, ob ein bestimmter baulich-technischer Fehler vom jeweiligen TGI erkannt wird, war es notwendig, sowohl für den Liegeboxenlaufstall als auch für den Kurzstandanbindestall, Referenzsysteme zu erstellen. Ausgehend vom zu prüfenden TGI wurde dazu, unter Berücksichtigung einiger Modellannahmen, für das betreffende Haltungssystem das maximal mögliche TGI-Ergebnis (Tabelle 1) ermittelt.

Tab. 1: TGI-Zahl des jeweiligen Referenzsystems

Referenzystem	**TGI 35L/1995**	**TGI 200/1994**
Liegeboxenlaufstall (LS)	42,5 Punkte	182 Punkte
Kurzstandanbindestall (AS)	34,0 Punkte	150 Punkte

Um zu prüfen ob und in welchem Ausmaß ein baulich-technischer Fehler die TGI-Zahl verändert, wurden in das jeweilige Referenzsystem gezielt Haltungsfehler eingebaut. Baulich-technische Einflußgrößen, wie z.B. die Liegeboxenbreite etc. wichen somit vom optimalen Wert ab. Für dieses abgeänderte Haltungssystem (IST-Haltungssystem) wurde erneut die TGI-Zahl berechnet und mit der des Referenzsystems verglichen.

Eine geringere TGI-Zahl bzw. eine TGI/V-Zahl wies auf das Erkennen des jeweiligen baulich-technischen Fehlers im Haltungssystem hin.

4 Ergebnisse

Das systematische Einfügen bestimmter Fehler im Haltungssystem führte in den einzelnen Bereichen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. In den Tabellen 2 bis 5 werden die in den einzelnen Einflußbereichen untersuchten Haltungsfehler („Schwachstellen"), deren Werte und ihre Auswirkungen auf die jeweiligen TGI-Zahlen angeführt.

4.1 Nahrungsaufnahmeverhalten

In diesem Bereich wurden im Liegeboxenlaufstall 9 und im Kurzstandanbindestall 7 baulich-technichen Fehler eingefügt.

Tab. 2: Ergebnisse im Bereich Nahrungsaufnahmeverhalten

getestete „Schwachstelle“ [1]	**Wert**	**TGI 35L/1995**		**TGI 200/1995**	
		LS	**AS**	**LS**	**AS**
Krippenniveau	10 / 9 cm	nein	34,0*	178	146
Krippenweite bzw. -tiefe	80 / 65 cm	nein	nein	nein	nein
Beweglichkeit der Krippenrückwand	starr	-	33,0*	-	138
Höhe der Krippenrückwand	50 / 40 cm	nein	33,0	nein	nein
Freßplatzbreite	< 60 cm	42,5*	-	175	-
Tier-Freßplatzverhältnis	> 1:1	nein	-	177	-
Wasservorrat in den Tränkebecken bzw. Trogtränken	60 l	nein	-	nein	-
Wassernachlaufgeschwindigkeit	10 / 8 l/min	nein	nein	nein	nein
Standort der Tränkebecken bzw. Trogtränken	Melk-stand-eingang	nein	-	nein	-
Schutz vor Verschmutzungen der Tränken	kein Schutz	42,0	-	180	-
Durchmesser der Beckentränken	20 cm	-	nein	-	147
Bedienungselemente	schwer bedienbar	-	nein	-	nein

Im Bereich Nahrungsaufnahmeverhalten (Tabelle 2) wurden die getesteten „Schwachstellen“ zu einem sehr großen Teil nicht als solche erkannt[2].

[1] Bei zwei Werten bezieht sich der erste auf den Liegeboxenlaufstall, der zweite auf den Kurzstandanbindestall.

[2] Das Zeichen * kennzeichnet einen TGI 35L/1995 mit Vorbehalt (TGI/V); ein „nein“ bedeutet das Nichterkennen des betreffenden Haltungsfehlers

4.2 Ausruheverhalten

Im Bereich Ausruheverhalten wurden sowohl im Liegeboxenlaufstall als auch im Kurzstandanbindestall jeweils 4 „Schwachstellen" eingefügt.

Tab. 3: Ergebnisse im Bereich Ausruheverhalten

getestete „Schwachstelle"	**Wert**	**TGI 35L/1995**		**TGI 200/1995**	
		LS	**AS**	**LS**	**AS**
Liegeboxenlänge	200 cm	39,5*	-	174	-
Liegeboxenbreite	100 cm	38,5*	-	172	-
Nackenriegellage[3]	140 cm	39,5	-	nein	-
Nasenriegel - Montagehöhe	50 cm	nein	-	nein	-
Standlänge	150 cm	-	33,0*	-	138
Standbreite	90 cm	-	33,0*	-	138
Seitenbegrenzungen	90 cm	-	34,0*	-	nein
horizontales Spiel der Anbindung in der Standlängsachse	50 cm	-	33,5*	-	146

Im Einflußbereich Ausruheverhalten (Tabelle 3) wurden zu klein dimensionierte Liegeboxen bzw. zu gering bemessene Stände sowie ein zu geringes Spiel der Anbindung in der Standlängsachse (je 25 cm nach vorne und nach hinten) von beiden TGIs erkannt.

Der TGI 35L/1995 registrierte darüberhinaus im Liegeboxenlaufstall auch einen zu nah an der Kotkante montierten Nackenriegel und im Kurzstandanbindestall zu weit in den Stand reichende Seitenbegrenzungen. Ein zu tief montierter Nasenriegel hingegen wurde von keinem der beiden TGIs als Fehler erkannt.

4.3 Lokomotionsverhalten

Im Bereich Lokomotionsverhalten wurden im Liegeboxenlaufstallsystem insgesamt 6 in der Praxis häufig vorkommende Fehler im Haltungssystem geprüft.

Im Kurzstandanbindestall wurden in diesem Einflußbereich aufgrund der stark eingeschränkten Bewegungsmöglichkeit im Stallsystem nur 3 „Schwachstellen" untersucht.

[3] Abstand zur Kotkante

Tab. 4: Ergebnisse im Bereich Lokomotionsverhalten

getestete „Schwachstelle“	**Wert**	**TGI 35L/1995**		**TGI 200/1995**	
		LS	**AS**	**LS**	**AS**
Laufgangbreite im Liegebereich	210 cm	42,5*	-	180	-
Laufgangbreite im Freßbereich	270 cm	42,0	-	179	-
Breite der Stichgänge	150 cm	42,5*	-	nein	-
Auslauftage	keine	37,0	28,5	159	135
Laufhoffläche/Kuh	5 m²	nein	29,5	nein	140
Windschutz am Laufhof	fehlt	nein	nein	nein	nein

Im Einflußbereich Lokomotionsverhalten (Tabelle 4) wurden vor allem zu schmale Laufgänge im Liege- und im Freßbereich sowie das Fehlen eines Auslaufs von beiden TGIs erkannt.

Der TGI 35L/1995 erkannte desweiteren zu gering bemessene Stichgänge. Nicht erkannt wurde im Liegeboxenlaufstallsystem eine nur 5m²/Kuh große Laufhoffläche sowie das Fehlen eines Windschutzes am Laufhof.

4.4 Sozial-, Komfort- und Ausscheidungsverhalten sowie Bodenbeschaffenheit

In diesen Bereichen wurden sowohl im Liegeboxenlaufstall als auch im Kurzstandanbindestall jeweils 3 „Schwachstellen“ eingefügt.

Tab. 5: Ergebnisse im Bereich Sozial-, Komfort- und Ausscheidungsverhalten sowie im Bereich Bodenbeschaffenheit

getestete „Schwachstelle“	**Wert**	**TGI 35L/1995**		**TGI 200/1995**	
		LS	**AS**	**LS**	**AS**
Behornung	nein	***43,0***	nein	***183***	149
Scheuermöglichkeit	keine	nein	-	176	-
Kuhtrainer	ja	-	32,0	-	148
Spaltenweite im Aktivitätsereich	4,0 cm	41,5	33,0	nein	nein

Das Kriterium „Behornung" führte im Liegeboxenlaufstall bei beiden TGIs zu einem besseren TGI-Ergebnis (Tabelle 5).

Dies kann folgendermaßen erkärt werden: Mit Ausnahme des Merkmals Behornung wurden alle sonstigen Einflußfaktoren - und somit auch das Flächenangebot - konstant gehalten. Für das nun indirekt größere Flächenangebot je Tier (enthornte Tiere benötigen eine kleinere Fläche aufgrund der geringeren Ausweichdistanzen) waren jedoch mehr Punkte zu vergeben, wodurch insgesamt höhere TGI-Zahlen erzielt wurden.

Das Vorhandensein eines Kuhtrainers im Kurzstandanbindestallsystem führte bei beiden TGIs zu einem Punkteabzug. Eine erhöhte Spaltenweite im Aktivitätsbereich registrierte nur der TGI 35L/1995. Das Fehlen einer geeigneten Scheuermöglichkeit im Laufstall sowie eine Enthornung der Tiere im Anbindestall wurden hingegen nur vom TGI 200/1994 erkannt.

5 Zusammenfassung

Zur praktischen Beurteilung der Haltungsbedingungen von Milchvieh werden derzeit eine Reihe unterschiedlicher Bewertungssysteme angewandt. Die zwei am häufigsten eingesetzten Verfahren sind der TGI 35L-für Rinder und der TGI 200-für Rinder.

Hauptziel der Arbeit war es, im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse zu prüfen, ob objektiv bewertbare baulich-technische Haltungsfehler, sogenannte „Schwachstellen", von diesen Tiergerechtheitsindices erkannt werden und welche Vorschläge im Falle des Nichterkennens gemacht werden können.

In genau definierte Referenzsysteme wurden dazu gezielt Haltungsfehler eingefügt und die sich dabei ergebenden Auswirkungen auf die TGI-Zahl untersucht.

Insgesamt wurden in den Liegeboxenlaufstall 22 und in den Kurzstandanbindestall 17 „Schwachstellen" systematisch und nacheinander eingebaut.

Im Liegeboxenlaufstallsystem wurden von beiden TGIs jeweils 45,5% der angeführten „Schwachstellen" erkannt. Im Kurzstandanbindestallsystem hingegen wurden vom TGI 200/1994 58,8% und vom TGI 35L/1995 64,7% der angeführten Haltungsfehler erfaßt.

Objektiv bewertbare baulich-technische Einflußgrößen, die zu keiner Änderung der TGI-Zahl geführt haben (vgl. Tabelle 2 bis 5), in Zusammenhang mit der Tiergerechtheit von Milchviehhaltungssystemen aber eine wesentliche Rolle spielen, sollten daher vom betreffenden TGI zusätzlich bewertet werden.

Dadurch kann die Sensitivität des jeweiligen TGI, Haltungsfehler zu erkennen, erhöht und die Wiederholbarkeit der TGI-Ergebnisse weiter verbessert werden.

6 Literaturübersicht

BARTUSSEK, H. (1995): *Tiergerechtheitsindex für Rinder - TGI 35L/1995.* Unveröffentlichte Mitteilung (Stand: März 1995), BAL Gumpenstein (Hrsg.).

DAASE, I, (1992): *Überprüfung der Praktikabilität des Tiergerechtheisindexes auf ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben in Nordrhein-Westfalen.* Diplomarbeit, Friedrich-Wilhelm Universität, Bonn.

GESSL, R. (1994): *Beurteilung der Haltungsbedingungen von Rindern auf biologisch wirtschaftenden Betrieben Oberösterreichs nach dem TGI- 35L/1992.* Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

LOTTER, M. (1993): *Der Tiergerechtheitsindex - Praxiserprobung an Haltungssystemen für Mastschweine.* Diplomarbeit, FH-Weihenstephan.

MISSONI, F. (1996): *Erste praktische Erfahrungen mit dem TGI 35L/1995- Mastschweine und dessen Vergleichbarkeit mit dem TGI 35K/1994.* Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

SCHATZ, P. (1996): *Beurteilung der Tiergerechtheit von Milchviehhaltungssystemen anhand zweier Tiergerechtheitsindices (TGI 35L/1995 und TGI 200/1994).* Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

SUNDRUM, A. ET AL. (1994): *Tiergerechtheitsindex - 200/1994. Ein Leitfaden zur Beurteilung von Haltungssystemen.* Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn.

Verfütterung flüssig konservierter Rübensilagen an Milchvieh in einer Total-Mixed-Ration (TMR)

Schmidt, Sybille M.[1], Steingass, H.[1], Drochner, W.[1], Beck, J.[2], Jungbluth, T.[2]

[1] Institut für Tierernährung, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

[2] Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landw. Bauwesen, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

1 Einleitung

Flüssig konservierte Rübensilagen (Rübenmussilagen) sind aufgrund der hohen Energiedichte (bis 7,8 MJ NEL/kg TS) und Schmackhaftigkeit ein gutes wirtschaftseigenes Kraftfutter für Milchkühe. Die Fütterung gestaltet sich, bedingt durch die flüssige Konsistenz jedoch schwierig. Rübenmussilage an umgerüsteten Abrufstationen tierindividuell zu verabreichen ist nur mit technischem Aufwand zu realisieren (DEININGER, 1995). Daher bietet es sich an, Rübenmussilage als Komponente einer TMR vorzulegen. Ziel der vorzustellenden Untersuchung war es, dieses Verfahren zu erproben und die damit erzielbaren tierischen Leistungen zu erfassen.

2 Methoden

2.1 Rübenaufbereitung und Einlagerung

Die Rüben wurden mit einer Aufbereitungsmaschine System Schonefeld eingelagert. Hierbei werden die Rüben in einem Stabtrommelreiniger zunächst trocken, anschließend in einem Quirlwäscher naß gereinigt. Nachdem die Rüben den Großteil des Reinigungswassers auf einer Austragsrutsche verloren haben, gelangen sie über ein Gummisteg-Förderband in den Hackfruchtmuser mit angeflanschter Drehkolbenpumpe. Hier werden die Rüben zermust und anschließend zur Vergärung und Lagerung von unten in ein Hochsilo gedrückt. Im vorliegenden Versuch wurden Zuckerrüben eingelagert, da sie von allen Hackfrüchten zum einen die höchste Energiekonzentration in MJ NEL/kg TS aufweisen, zum anderen tritt durch den höheren TS-Gehalt im Gegensatz zu Gehaltsrüben nur eine geringe Phasentrennung im Silo auf.

3.2 Versuchsdurchführung

Der Versuch wurde auf der Versuchsstation für Nutztierbiologie und ökologischen Landbau der Universität Hohenheim (Meiereihof) durchgeführt. Die drei Rationen wurden im dreiwöchigen Wechsel an die Tiere verfüttert; die gesamte Versuchsdauer betrug somit neun Wochen.

3.2.1 Versuchstiere und Aufstallung

Aus der Herde mit 77 Milchkühen der Rasse Schwarzbunt (mit hohem HF-Anteil) standen 30 Tiere ab dem 100. Laktationstag zur Verfügung. Die Tiere wurden in zwei Gruppen (31 und 32) aufgeteilt, wobei die Kriterien Laktationsnummer, Milchleistung, Trächtigkeitsstadium und Laktations-stadium berücksichtigt wurden. Die Tiere waren in einem zweireihigen Liegeboxenlaufstall auf Hochboxen mit Gummimatten aufgestallt. Die Laufgänge waren mit Spaltenboden-elementen ausgelegt.

3.2.2 Rationsgestaltung und Futtervorlage

Es wurden drei verschiedene Rationen als TMR verfüttert, eine Kontrollration und zwei Versuchsrationen mit unterschiedlichem Rübenmussilageanteil. Die Grundfutterkomponenten blieben gleich, nur Gerste und Melasse als Kraftfutterkomponenten der Kontrollration wurden in den beiden Versuchsrationen (RMS 1/2 bzw. RMS 1/1) zur Hälfte bzw. ganz durch Rübenmussilage ersetzt. Rapsextraktionsschrot wurde als potentiell betriebseigenes Futtermittel als Proteinträger verwendet. Mit Melasse wurde versucht, einem Entmischen der Kontrollration vorzubeugen. Zusätzlich war es nötig, zwei kg Wasser je Tier zuzugeben, um die Haftung weiter zu verbessern. Nach FORBES (1986) war mit keinem signifikanten Einfluß auf die TS-Aufnahme durch die Wasserzugabe zu rechnen. Die Rationszusammensetzungen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Es wurde von einer mittleren TS-Aufnahme von 19,5 kg, einer Milchleistung von etwa 25 kg und einem Lebendgewicht von 650 kg ausgegangen.

Tab. 1: Zusammensetzung der Futterrationen

Futtermittel		Versuchsrationen	
[kg TS/Tier*Tag]	Kontrollration	RMS 1/2	RMS 1/1
Heu	5	5	5
Grassilage	2,5	2,5	2,5
Kleegrassilage	2,5	2,5	2,5
Rapsextraktionsschrot	1,3	2,1	2,9
Gerste	6	3	-
Melasse	2	1	-
Rübenmussilage	-	3,5	7

Die Rationen wurden täglich in einem Futtermischwagen mit zwei untenliegenden horizontalen Schnecken (System "Samurai", Seko) erstellt. Durch die besondere Windung der Schnecken wird das Futter von vorne und hinten jeweils in die Mitte des Wagens befördert. Dort dort bildet sich ein Futterkegel aus, wobei das Futter locker nach außen abfällt. Es kommt somit ein Mischkreislauf zustande, bei dem das Futter nur gering mechanisch belastet wird. Die

Futtervorlage erfolgte zweimal täglich ad libitum nach dem Melken um 7.00 bzw. 18.00 Uhr. Für jede Futtergruppe standen, bedingt durch die spezielle Gestaltung der Freßplätze, sechs Tröge zur Verfügung, was einem Tier/Freßplatz-Verhältnis von etwa 2,5:1 entsprach (siehe 3.3.1). Gruppe 31 erhielt zunächst Ration RMS 1/2, dann RMS 1/1 und im letzten Durchgang die Kontrollration. Gruppe 32 begann mit Ration RMS 1/1, es folgte die Kontrollration und abschließend Ration RMS 1/2.

3.2.3 Probenahme

Die TMR-Futterproben wurden zweimal täglich nach der Futtervorlage gezogen. Für jeden Tag wurde eine TS-Bestimmung durchgeführt. Aus den Einzelproben wurden zwei Mischproben je Woche und Ration erstellt. In diesen wurden die Rohnährstoffgehalte nach der Weender Futtermittelanalyse (NAUMANN et al., 1976) sowie der NEL-Gehalt durch den Hohenheimer Futterwerttest (MENKE u. STEINGASS, 1987) bestimmt. Um die Entmischbarkeit der Rationen zu überprüfen, wurden pro Ration einmal über einen ganzen Tag Proben aus allen Trögen gezogen und auf TS- und Energiegehalt untersucht. Es wurde nach der ersten Futtervorlage begonnen, die weiteren Proben folgten im dreistündigen Abstand. Unmittelbar vor der zweiten Futtervorlage wurden auch die Futterreste in den Trögen beprobt.

3.3 Datenerfassung

Ein großer Teil der zur Versuchsauswertung notwendigen Daten wurde elektronisch, mit Hilfe von Halsbandrespondern und entsprechenden Sende-Empfangseinheiten im Melkstand, an der Tierwaage und an den Grundfutterplätzen, erfaßt.

3.3.1 Futteraufnahme

Die Freßplätze waren als Einzelfreßplätze mit Tiererkennung gestaltet. Das Futter wurde auf Vorrat in glasfaserverstärkten Kunstofftrögen vorgelegt, die auf Wiegestäben gelagert waren. Diese elektronischen Wiegeeinheiten erfaßten ständig die Trogmassen. Der Zugang zu den Trögen erfolgte über Klapptore, deren Riegel elektromagnetisch geöffnet und geschlossen wurden. Weiterhin war hier eine Sender-Empfangseinheit für Responder angebracht, so daß sich das Tor nur dann öffnete, wenn ein Tier als zugangsberechtigt erkannt wurde. Dadurch war es möglich, mehrere Futterrrationen innerhalb einer Herde zu verfüttern, ohne daß die Tiere mechanisch voneinander abgetrennt oder fixiert werden mußten. Am Futtertrog wurden so als Daten Kuhnummer, Trogmasse und Uhrzeit zu Beginn der Freßperiode sowie beim Verlassen des Troges gespeichert. Daraus wurden die gefressene Futtermenge in Frischsubstanz und die Aufenthaltsdauer im Freßbereich berechnet. Am Ende des Tages wurden die Daten zu einer Tagessumme je Einzelkuh zusammengefaßt und im Zentralrechner mit den anderen Kuhdaten als Tagesdatensatz abgespeichert. Diese Daten wurden mit den Laborergebnissen der Weender Futtermittelanalyse und des Hohenheimer Futterwerttestes verrechnet.

3.3.2 Milchparameter

Die Milchmenge wurde elektronisch im Melkstand erfaßt und abgespeichert. Proben zur Bestimmung der Milchinhaltsstoffe wurden wöchentlich gezogen und vom Milchprüfring Baden-Württemberg mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie auf Fett-, Eiweiß-, Laktose-, Harnstoffgehalt und Zellzahl hin untersucht. Die Menge an Fett-Eiweiß-korrigierter Milch (FECM) wurde mit der Formel nach MEYER et al. (1993) berechnet:

FECM (kg) = [0,37 * Fett (%) + 0,21 * Eiweiß (%) + 0,95] / 3,1 * Milchmenge (kg)

3.3.3 Tierlebendmasse

Im Treibgang hinter dem Melkstand war eine elektronische Waage installiert, so daß alle laktierenden Tiere nach jedem Melken gewogen wurden. Für die Auswertungen wurden die abendlichen Wiegedaten verwendet.

3.4 Auswertung

Bei der Auswertung wurde der erste Versuchstag je Durchgang nicht berücksichtigt. Desweiteren wurden nur die Daten derjenigen Tiere ausgewertet, die den gesamten Versuch durchliefen und von denen vollständige Datensätze vorhanden waren. Somit reduzierte sich die effektive Tierzahl auf n=24. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SAS. Hierfür wurden aus den Tageswerten je Tier Wochenmittel gebildet. Da aus versuchstechnischen Gründen keine vollständige Kreuzklassifizierung möglich war, wurde zunächst eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor Futterration durchgeführt. In einem weiteren Schritt wurde der Faktor Versuchswoche mit einberechnet. Schließlich wurden die Daten noch nach Futtergruppen getrennt ausgewertet, um einen möglichen zeitlichen Einfluß zu erkennen.

3 Ergebnisse

3.1 Tierische Leistungen

Bei den im Folgenden vorgestellten Ergebnissen handelt es sich um Durchschnittswerte je Versuchswoche für die gesamte Versuchsgruppe. Bei Verfütterung der Kontrollration fraßen die Tiere täglich 19,36 kg TS in 35,5 Freßperioden während der ersten Woche, 19,45 kg TS in 32,8 Perioden während der zweiten Woche bzw. 19,36 kg TS in 33,3 Perioden während der dritten Woche. Sie gaben dabei 19,3 kg, 19,3 kg bzw. 19,4 kg Fett-Eiweiß-korrigierte Milch (FECM) je Tag. Die Lebendmassen betrugen 638 kg, 637 kg bzw. 644 kg in den verschiedenen Wochen. Durch den Einsatz von Gerste und Rübenmussilage als Kraftfutter in der Versuchsration RMS 1/2 stiegen die TS-Aufnahmen von 19,31 kg in der ersten über 20,04 kg in der zweiten auf 20,21 kg in der dritten Woche an. Diese Mengen wurden in 33,4 bzw. 33,5 sowie 33,2 Freßperioden aufgenommen. Die Milchleistung lag in den beiden ersten Wochen bei 20,1 kg FECM und fiel in der dritten Woche auf 19,6 kg ab. Die Lebendmasse stieg kontinuierlich von 628 kg über 632 kg auf 644 kg an. Bei ausschließlichem Einsatz von Rübenmussilage als Kraftfutter in der Versuchsration RMS 1/1 konnten TS-Aufnahmen von 18,40 kg, 18,52 kg bzw. 19,01 kg erreicht werden, die in 38,4 bzw. 37,7 sowie 34,3 Freßperioden verzehrt wurden. Die Milchleistung ging dabei von 20,5 kg über 19,2 kg auf 18,9 kg FECM zurück. Die Lebendmasse steigerte sich von 623 kg über 630 kg auf 637 kg. Die Unterschiede in der täglichen Milchmenge ließen sich nicht statistisch absichern. Obwohl zum Teil hochsignifikant unterschiedliche Fett- und Eiweißgehalte ermittelt wurden, waren die täglich ermolkenen Fett- und Eiweißmengen nicht verschieden. Die Lebendmassen, Trockensubstanzaufnahmen sowie die Anzahl der Freßperioden in der entscheidenden dritten Woche unterschieden sich ebenfalls nicht signifikant voneinander.

Da der Versuch nicht vollständig kreuzklassifiziert war und in den beiden Futtergruppen (31 bzw. 32) letztlich unterschiedlich viele Tiere waren, müssen die Ergebnisse auch nach Gruppen getrennt betrachtet werden. Hierbei interessiert v. a. die dritte Versuchswoche, in der die Tiere bereits vollständig an das Futter gewöhnt waren. In Tabelle 2 sind die verschiedenen Futteraufnahmeparameter und Lebendmassedaten zusammengefaßt.Auch hier traten für die aufgeführten Parameter keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen innerhalb der einzelnen Rationen auf.

Tab. 2: Futteraufnahmeparameter und Lebendmassen, nach Gruppen, 3. Woche

Ration		Kontrolle		RMS1/2		RMS1/1	
Gruppe		31	32	31	32	31	32
TS-Aufnahme	0	19,91	18,72	20,84	19,47	19,10	18,90
[kg]	s	3,27	2,78	2,92	2,57	2,63	2,46
Freßzeit	0	212	210	194	216	200	220
[min]	s	36	26	41	30	34	44
Zeit je kg TS	0	10,8	11,4	9,5	11,3	10,6	11,9
[min]	s	1,9	1,8	2,2	2,1	1,8	3,1
Zeit je kg FS	0	5,6	6,4	4,0	4,6	3,7	3,9
[min]	s	1,0	1,0	0,9	0,9	0,6	1,0
Anzahl	0	37,6	28,3	38,0	27,6	34,5	34,0
Freßperioden	s	14,7	9,9	18,1	12,5	14,9	14,7
Lebendmasse	0	652	634	635	654	649	623
[kg]	s	65	58	65	71	60	62

Bei den Milchleistungsparametern zeigten sich ebenfalls kaum Unterschiede zwischen beiden Futtergruppen. Lediglich bei Verfütterung der Kontrollration unterschieden sich sowohl der prozentuale Milcheiweiß- als auch Milchfettgehalt hochsignifikant voneinander. Bei Verfütterung der Versuchsration RMS 1/1 trat ein solcher Unterschied für den prozentualen Milcheiweißgehalt auf (Tabelle 3).

Tab.3: Milchleistungen, nach Gruppen, 3. Woche

Ration		Kontrolle		RMS 1/2		RMS 1/1	
Gruppe		31	32	31	32	31	32
Milch	0	17,0	17,3	19,2	16,3	17,2	18,7
[kg]	s	6,0	6,5	5,5	6,6	5,4	6,2
FECM	0	19,8	18,8	20,8	18,1	18,6	19,3
[kg]	s	6,3	6,1	5,3	6,3	5,3	5,3
Milcheiweiß	0	3,94	3,65	3,70	3,79	3,83	3,57
[%]	s	0,29	0,24	0,27	0,28	0,27	0,25
Milchfett	0	5,10	4,60	4,52	4,81	4,46	4,18
[%]	s	0,51	0,50	0,44	0,66	0,48	0,48
Milcheiweiß	0	0,66	0,62	0,70	0,60	0,65	0,66
[kg]	s	0,20	0,19	0,17	0,21	0,17	0,17
Milchfett	0	0,85	0,78	0,85	0,76	0,75	0,76
[kg]	s	0,27	0,24	0,21	0,25	0,21	0,19

3.2 Tagesverlaufsproben

Die Veränderungen im TS- und Energiegehalt der Futtermischungen im Tagesverlauf sind aus Tabelle 4 ersichtlich. Bei allen drei Rationen verringern sich sowohl der TS-Gehalt als auch der Gehalt an Energie in Abhängigkeit von der Futtervorlagedauer. Diese Unterschiede sind bei der Kontrollration am stärksten, bei der Ration RMS 1/2 weniger stark und bei der Ration RMS 1/1 am schwächsten ausgeprägt.

Tab. 4: TS- und Energiegehalte der Tagesverlaufsproben

	Kontrolle		RMS 1/2		RMS 1/1	
	TS	NEL	TS	NEL	TS	NEL
Stunden nach Fütterung	[%]	[MJ/kgTS]	[%]	[MJ/kgTS]	[%]	[MJ/kgTS]
0	53,64	5,63			34,38	6,01
3	52,29	5,59	42,41	5,74	34,29	5,91
6	50,60	5,36	41,51	5,70	33,67	5,69
9	50,37	5,24	40,92	5,58	33,74	5,72
12 (Rest)	48,18	5,15	39,40	5,46	33,39	5,15
0 (neu)	53,91	5,68	42,06	5,63	35,04	5,71
3	53,05	5,53	41,45	5,81	34,46	5,56
6	51,21	5,44	40,64	5,83	34,60	5,58
9	47,68	5,29	40,33	5,67	35,58	5,02
12	46,12	4,72	39,67	5,76		
15			38,44	5,44		

4 Diskussion

4.1 Tierische Leistungen

Sowohl die Kontroll- als auch die Versuchsrationen wurden von den Tieren gleich gut aufgenommen. Die leichten Unterschiede lassen sich dadurch erklären, daß die Gewöhnungszeit an die verschiedenen Rationen, besonders für die Rübenmusrationen, eventuell zu kurz gewählt war, da den Tieren ein solches Futtermittel unbekannt war. Die Freßzeiten blieben für alle Rationen gleich, obwohl die Tiere von Ration RMS 1/1 etwa die doppelte Menge an Frischsubstanz im Vergleich zur Kontrollration aufnehmen mußten. Diese Tatsache hatte jedoch keinen Einfluß auf die Anzahl der Freßperioden, was wahrscheinlich am ungünstigen Tier/Freßplatz-Verhältnis lag. Die Tiere versuchten, möglichst lange ihren Freßplatz zu besetzen, da sich bis zu drei Kühe einen Platz teilen mußten. Betrachtet man die Ergebnisse nach Gruppen getrennt, wird der Faktor Zeit deutlicher. Bei Interpretation der Ergebnisse ist zu bedenken, daß nur Kühe im zweiten und dritten Laktationsdrittel zur Verfügung standen. Daher nahm die Milchleistung stetig ab, die Lebendmasse stieg an. Der Rückgang der Milchmenge sowie die Entwicklung der Milchinhaltsstoffe im Versuchsverlauf lag im Bereich

des normalen Abfalls während der Laktation. Allerings traten durch die plötzlichen Futterwechsel Einbrüche auf. In diesem Laktationsstadium war es den Kühen vermutlich nicht mehr möglich, die Leistung auf das Ausgangsniveau anzuheben, so daß die aufgenommene Energie zum Lebendmasseansatz genutzt wurde.

4.2 Tagesverlaufsproben

Bei allen drei Rationen traten im Tagesverlauf Änderungen im TS- und NEL-Gehalt auf. Diese schienen vom TS-Gehalt der Gesamtration abhängig zu sein. Die starken Änderungen bei der Kontrollration lassen sich dadurch erklären, daß die Tiere in den Trögen die Mög-lichkeit hatten, das Futter aufzuschütteln und Kraftfutter selektiv aufzunehmen. Die Menge an zugesetzter Melasse und Wasser war vermutlich nicht ausreichend, eine beständige Haftung der mehlförmigen Kraftfuttermittel an das Grundfutter zu erreichen. Aber auch in den feuchteren Rationen konnten Änderungen festgestellt werden. Solche Entmischungs-erscheinungen sind bei jeder TMR-Fütterung zu erwarten, wenngleich bei herkömmlicher Freßplatzgestaltung ein solch intensives Aufwühlen und Aufschütteln nicht möglich ist.

5 Zusammenfassung

Die Verfütterung von Rübenmussilage als Komponente einer TMR ist verfahrenstechnisch gut möglich. Alle Mischungen wurden von den Tieren ähnlich gut aufgenommen. Auch die Leistungen, die die Tiere erreichten, lagen in allen Varianten gleich. Ein Problem stellten lediglich die Veränderungen im TS- und Energiegehalt der Mischungen im Tagesverlauf dar. Diese konnten durch den Einsatz von Rübenmussilage vermindert werden.

6 Literatur

DEININGER, A. (1995): Flüssig konservierte Beta-Rüben in der Rinderfütterung - Verfahrenstechniken und Leistungsfähigkeit. Dissertation Universität Hohenheim

FORBES, J.M. (1986): The voluntary food intake of farm animals. Butterworths, London

MENKE, K.H. UND H. STEINGASS (1987): Schätzung des energetischen Futterwerts aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II. Regressionsgleichungen. Übers. Tierernährung 15, S. 59-94

MEYER, H., BRONSCH, K., LEIBETSEDER, J., DROCHNER, W., KAMPHUES, J., MÄNNER, K., ROHR, K. UND D. SCHNEIDER (1993): Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. 8. Auflage, Verlag M. & H. Schaper, Alfeld-Hannover

NAUMANN, K., BASSLER, R., SEIBOLD, R. UND K. BARTH (1976): Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. Methodenbuch Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Verlag J. Neumann, Neudamm

Development of a new system milk volume meter

TÓTH, LÁSZLÓ[1] ; BAK, JÁNOS[2]

[1] University of Agricultural Sciences, Department of Agroenergetics
H-2103 Gödöllõ Páter K. u. 1.

[2] National Institute of Agricultural Engineering, Ministry of Agriculture
H-2100 Gödöllõ, Tessedik S. u. 4.

1. The research aim

The goal of constructing an individual milk volume measuring unit was established. The device should not alter the parameters of milking device at all and should be connectable to the long milk tube of the milking device where neither restrictor nor flaring section should be resulted. The meter should not be an obstacle to the milk and cause any reduction of the vacuum, by which any milking parameters of the apparatus are changed. The cleaning of the meter should be carried out simultaneously with the milking device and be the very part of the milking device. The equipment could record the total milk amount, the milking diagram, the milking speed in the whole milking period, as well as the to find out the initial and final sessions of the milking according to the parameters determined and set in advance. In the development process the fundamental technical parameters were discovered deeply enough to plan and construct a concrete measuring unit applicable to operational measurements.

2. Description of the problem

The individual milk quantity measuring units known so far apply mass or volume measurement principles. The mass measurements are usually based on gauge technique.

The measuring technique has favourable accuracy, but the temporary milk storage needs large containers which are ample and expensive to be made. At the same time because of the divergent section the need for cleaning agents quality and quantity is higher. It is difficult and involved to locate them in the milking device due to the considerable need for room. The volumetric principle systems have the same problem, the large inner volume of theirs and the complicated chambers necessary for this type of measurements. In consequence of large flow cross section differences their cleaning is rather involved. Their accuracy always depend on the extent of milk churning. Those measuring units are completed by electronics also in the past years and the microprocessor control offered the possibility to rise their accuracy to a proper level by correction. Recently practically all the measuring devices meet the requirements already.

The traditional volumetric measuring apparatuses, such as propeller or oval wheel solutions are not applicable, because the milk is randomly mixed with air and the velocity and direction of the mixture flow changes continuously.

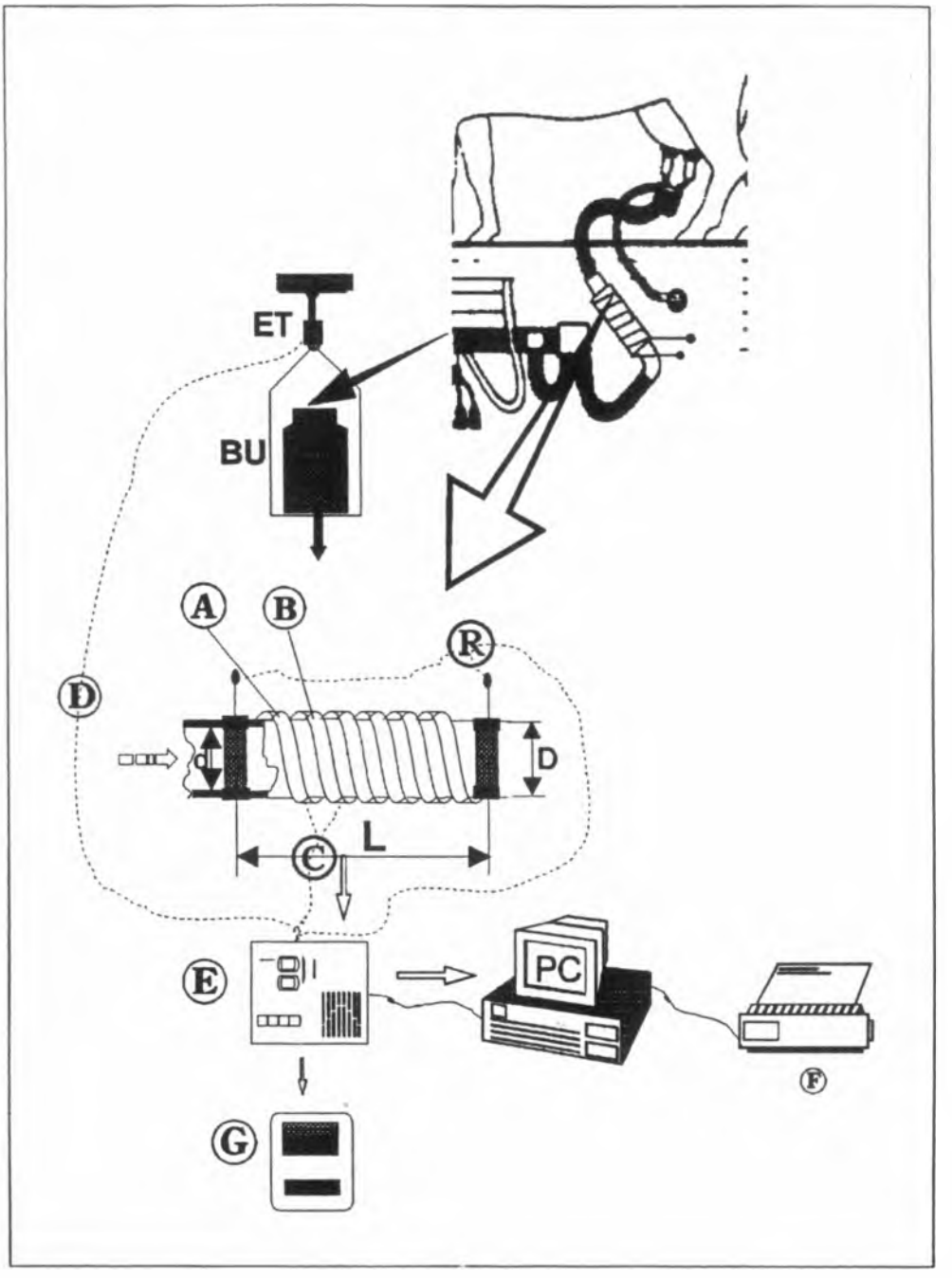


Figure 1: Principle of measuring
A and B spiral shaped capacitor arming, C - capacity change input, D - mass measurement device connection, E - A/D converter, PC - personal computer, F - printer, ET - measuring-sensing element, BU - milking pail (the latter two are necessary only for the experiments).

3. The solution of the problem

The researches connecting machine milking and milk properties drew the attention to the fact that the electric conduction and the dielectric coefficient changes as functions of the cross sectional overflow and flow composition. Their continuous determination gives possibility to know the milk quantity with great approximation in a given instance, in a given tube session.

The sensor unit is built in the long milk tube - some 50 cm behind the collector, with 5 to 10o inclination in the milking platform of the lower milk pipeline milking equipments (see figure 2).

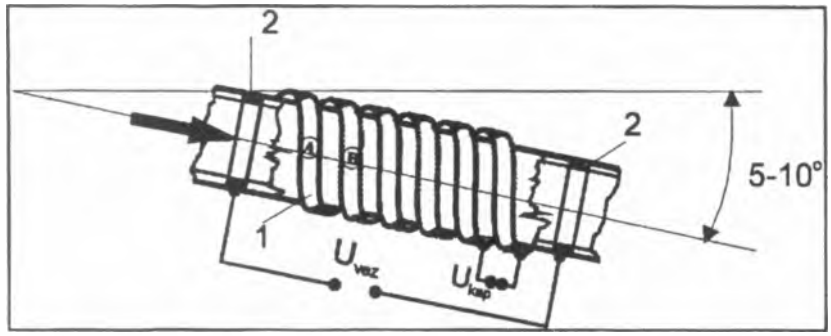


Figure 2: Set-up of the measuring sensor
1-A and B spiral capacitor arming, 2 - ring for measuring electric conductivity

The sensor unit connects to the long milk tube of milking device by two rings what are the two pieces of sensor connectors for measuring electric conduction of milk. Between the two sensors the capacitor faces are bobbined in spiral shape (A and B). In the experiments 2 to 10 complete turns were used. The solution is analogous to the double thread. The wires connecting to the two rings (R and C) and the opposite armings of the capacitor leaded to the A/D converter (E) preceding the computer.

The direct current connected to the capacitor armings forming measuring bridge and the sensor rings will be changed by the milk flowing through. In the case of the capacitor the voltage will increase proportionally to the quantity of milk flowing between the spiral armings as the dielectric coefficient of the system increases. At the same time the milk flowing between the two rings makes short circuit and the voltage between the two points decreases depending on the quantity flowing through. Those modifications of the voltage are scanned by the computer through the analogue to digital converter.

To process the signals a software has been compiled making possible to display the voltage changes on the vertical axis and the time on the horizontal axis on the monitor screen.

In the experiments the milk quantity flown through the milking device was collected in a milking pail which was placed on a gauge operated scale. The analogous signal of the gauge scale was connected to the third connecting pair of the A/D converter.

Such way three different signals were displayed on the computer screen: the change of electric capacity, the electric resistance changing and the modification of the milk quantity.

Those are shown in figure 3.

The measurements showed that the intensity of the changes in the voltage are in close correlation with the changes of the quantity flowing through. After accomplished the proper number of measurements the concrete relationship could be determined. Based on the formula a basic integration instrument was made which determines even the time-rated area changes of the three curves and the total area changes.

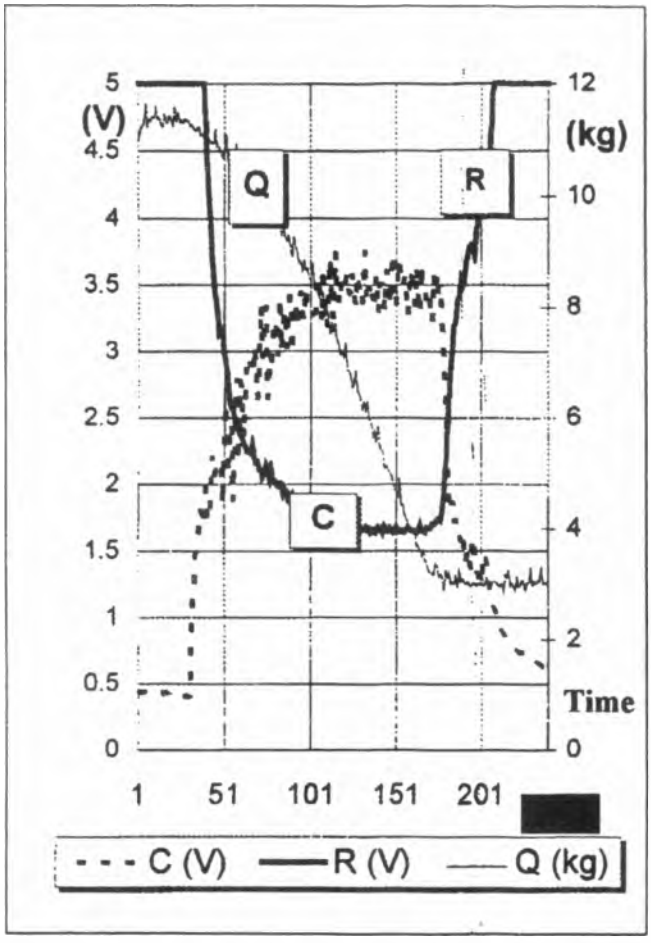


Figure 3: The change of the voltage and the milk quantity during the measurement (4-5 kg/min maximum milking rate)

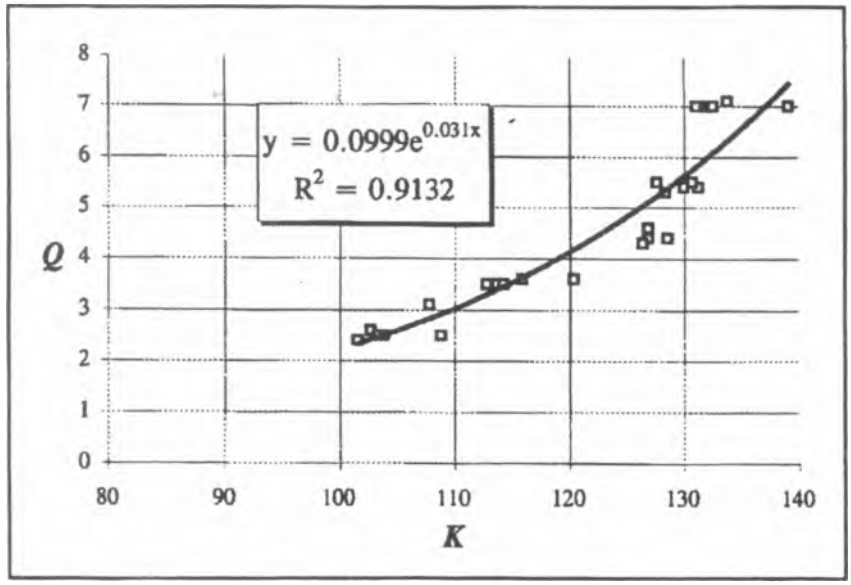


Figure 4: The change of the K value and the milk quantity (Q) during the measurement (2-6 kg/min maximum milking rate)

4. The relationship

Determining K in the experiments:

$$\frac{Q}{\frac{C_n + R_n}{n}} = K_n$$

In the practice Q is the unknown:

$$Q = ae^{bK}$$

where

Q is the quantity of milk (kg)
Cn the voltage change characteristic to the total capacity change (in Volt)
Rn the voltage change characteristic to the total electric resistance change (in Volt)
Kn the value characteristic to the measurement
a-b the constants values of the instrument
n number of measurements.

A great number of measurements were accomplished in practical conditions based on which the mathematical relationships was determined between the final three variables.

Simplifying the problems significantly for the easier demonstration: the characteristic integrated value of the voltage changing curve for the sensor rings are given by a single value R. And the same is applied to the capacity and the milk quantity variation. The values are then divided by the number of measurements to give an average value. That value is divided by the milk quantity determined in kilogram, so the resulted K will be the value of the instrument. As the milk quantity measurement is intended to be accomplish on basis of the first two parameters,

the practical instrument measures R and C values which are multiplied by the constant will give the actual milk quantity.

The sampling frequency of the measurement is 20 ms. Therefore in the case of a complete six minute milking the number of samples is 50×60×6=18000. The limit value of the evaluation is adjustable by jumper so that the wetness the inner surface and the spraylike milk below 2 kg/hour value would not be measured by the instrument. In the future the sampling frequency of the practical instrument can be raised and the ±3% accuracy can be also improved.

5. Abstract

During the last 30 years, improvements of many variations of milk quantity recorders have been completed by the specialists of the R + D teams in research institutes and the factories. Because the milk is quite a heterogeneous material with respect to its flowing during the milking, the measuring devices got complicate equipment. The biggest problem of their use is the cross section area increased in comparison with the milk tubes or pipes and because of that, the flow intensity of the cleaning liquid decreases and it can be compensated only with use of extra energy (heat and detergent). A combined sensing process depending on the filling ratio was chosen which was suitable to perceive the changing in conductivity and permettivity (dielectric constant) of the liquid and this made unnecessary to alter the cross section area of tube even in the lowest measure. Conclusively, the milk quantity flowing through is measured by quasi external sensors assembled into (onto) the long milk tube section and its displaying, summarising and registrating is solved with the help of the connected PC. During the research. the basic parameters of a construction were determined which can be manufactured in the industrial practice.

Zur Wirksamkeit von maschineller Vorstimulation und Nachmelkautomatik

WORSTORFF,H., R. FISCHER, BEATE KNIGER UND MARTINA RUPPELT

Institut für Physiologie, FML, TU München-Weihenstephan, Vöttinger Straße 45, D 85350 Freising

1 Einleitung

Der tägliche Melkvorgang hat nicht nur als "Ernte" der Milch sein eigenes Gewicht für die Wirtschaftlichkeit sondern greift tief in die Leistungsbiologie: Zum einen ist die regelmäßige Entleerung der Alveolen naturgegebene Voraussetzung für die Aufrechterhaltung der Laktation und damit ein gutes Durchhaltevermögen. Zum anderen wirken beim maschinellen Melken Kräfte, die Einfluß auf die Konsistenz der Zitzenspitze und damit sowohl auf die Rolle des Strichkanals als zentrale Barriere gegen Mastitiserreger als auch die Melkbarkeit nehmen. Somit wird verständlich, daß regelmäßiges, weitgehend vollständiges und zügiges Melken eine biotechnische Grundforderung ist.

Beim Rind ist nur die sog. Zisternenfraktion ohne Mitwirkung des Tieres zu entziehen, während das Ermelken von Alveolarmilch einen vom Tier aktiv mitgestalteten Vorgang darstellt, der den Begriff "Milchhergabe" verdient. Die Abläufe müssen durch taktile Reize vor dem Melken eingeleitet werden, wobei im Verlauf von etwa 1 min u. a. zunächst das Hormon Oxytocin freigesetzt wird, und anschließend der Euterinnendruck steigt, so daß die Alveolarmilch aus ihrer kapillaren Bindung befreit und ermelkbar wird. Während des Melkvorganges ist die Melkbereitschaft durch ruhiges Umfeld und möglichst angenehme Reize der Maschine zu unterstützen. Auch bei Erfüllung dieser Voraussetzungen kommt aber beim Melken mit Vakuum der Punkt, wo sich die Euter-Zitzenpassage verengt und die Zitzenbecher -als Sekundärprozeß- klettern, so daß die Maschine nicht ohne Hilfe in der Lage ist, alle Kühe im für Milchleistung und Euter-gesundheit erforderlichen Maß auszumelken. Im Gegensatz zum Handmelken gibt es daher ein sog. maschinelles Nachgemelk.

Steigende Tierzahlen je Arbeitsperson (AP) sind nur durch konsequente Rationalisierung zu bewirtschaften. Die Anzahl Melkeinheiten je AP erhöht aber nur dann den "Durchsatz", wenn die sog. Routinezeiten, d.h. die Arbeiten des Melkers je Kuh, minimiert werden. Da diese auch die Arbeitsqualität beeinflussen, kommt -insbesondere für hochleistende Herden bei zwei Melkzeiten am Tag- nur die Übertragung wichtiger manueller Tätigkeiten auf die Maschine (Teilautomatisierung) und nicht deren Weglassen in Betracht. Nachstehend wird in Thesen über neuere Erkenntnisse zur Vibrationsstimulation berichtet und die Bedeutung der Melkzeugposition für die Milchhergabe herausgestellt. Letzteres hat für Verbesserungen von Nachmelkautomaten besonderes Gewicht, weil die Aufgaben "Ausrichten des Melkzeuges" und "Abfangen von Hebelkräften" mit übernommen werden müssen.

2 Material und Methoden

Alle Arbeiten wurden im 2 x 2 Tandem-Melkstand mit der Braunviehherde unserer Versuchsstation Veitshof durchgeführt (1995: 8407 kg Milch bei 4,24% Fett und 3,74% Eiweiß). Im Zentrum der Datenerfassung steht eine neu aufgebaute Technologie mit Wägerecordern; die Verrechnung zu Milchflußkurven erfolgt mit verbesserten eigenen Programmen (WORSTORFF und FISCHER 1997). Die neueren Aussagen zur Stimulation

bzw. Melkzeugposition basieren überwiegend auf etwa 6.000 varianzanalytisch verrechneten Milchflußkurven des letzten Jahres.

3 Neuere Ergebnisse zur Vorstimulation

Landwirte sind meist der Ansicht, daß heutige Hochleistungskühe ohne extra Anrüsten problemlos melken. Selbst in gut geführten Herden sprechen Daten aber nur eingeschränkt dafür:

- 1/3 unserer Kühe hatten ähnliche Milchflußkurven nach 15 bzw. 60 s Eutervorbereitung. 15 s entsprechen etwa dem minimalen mittleren Zeitbedarf, wenn man Vormelken und Milchprüfung ordnungsgemäß ausführt und die Herde sauber hält, so daß die Zitzenspitzen nicht immer extra zu reinigen sind. Die einminütige manuelle Eutervorbereitung gilt als Standard für "vollwertig" im physiologischen Sinn. Obwohl sich auch in den Daten der Milchabgabe zwischen den Behandlungen bei diesen Kühen keine Nachteile zeigten, ist mit einem verminderten Durchhaltevermögen zu rechnen, wenn nicht von Anbeginn vollwertig angerüstet wird (vgl. z.B. MATTHES et al. 1975).
- 36,5% unserer Kühe waren nach 15 s Eutervorbereitung durch ausgeprägte Bimodalität mit teilweise erheblich beeinträchtigter Milchhergabe bei verlängerter Melkdauer gekennzeichnet. Diese Kühe sind am stärksten gefährdet, bleiben in der Praxis aber meistens unentdeckt: Zum einen stehen dem Landwirt in der Regel noch keine Milchflußkurven seiner Herde zur Verfügung, zum anderen ist der Melker in modernen Melkständen längst bei der nächsten Kuh, wenn die Zweigipfeligkeit eintritt.
- Etwa 1/3 der Herde lag zwischen den vorgenannten Extremen, zeigte also in verschiedenen Parametern der Milchhergabe Unterschiede zu Gunsten vollwertiger Vorstimulation.

Wir haben viele Versuche zur maschinellen Vorstimulation durchgeführt und damit die Anwendung des Vibrationsverfahrens in der Praxis eingeleitet (WORSTORFF et al. 1987, KARCH

1989). Die täglich sehr gute Melktechnik dürfte mit Anrüsten, Melkzeugpositionierung, minimalem Blindmelken und Kontrollgriff seither dazu beigetragen haben, daß das Durchhaltevermögen unserer Veitshof-Herde mit etwas über 1% Rückgang der Milchmenge je Woche etwa doppelt so gut ist, wie einschlägige Zahlen der Literatur es erwarten lassen (ARPE 1997).

Die Optimierungsdaten zum Vibrationsverfahren haben sich mit ca. 20 kPa maximalem Pulsvakuum bei 300 Zyklen/min und 60-65% Saugphase in vielfältigen Versuchen -wie im praktischen Einsatz- bestätigt, sollen aber aufgrund neuer Versuche wie folgt ergänzt werden:

- Silicon-Zitzengummi (STIMULOR M 23, Siliconform Türkheim) mit ca. 12 kPa Einfaltdruck (ED, touch point pressure) liefen hinsichtlich Stimulation bei 38 kPa Nennvakuum im Melkstand mit Recordern (Einlauf ca. 15 cm unter der Melkstandkante) problemlos bei Standard-Melkeinheiten (FAST FLOW, Meltec, Oelde) und molken sehr gut aus.
- Die o.g. Zitzengummis führten dagegen beim BIO-MILKER bei $\leq$40 kPa Nennvakuum zu die Anrüstfunktion extrem einschränkenden Abmelkmengen und 16,9 bzw. 17,6% Bimodalität bei 40 bzw. 60 s Dauer der Vibration plus 15 s Zitzenvorbereitung.

- STIMULOR M 23 mit 7 kPa ED erbrachten beim BIO-MILKER und 40 kPa Nennvakuum mit 2,2 % Bimodalität und 90 g (!) mittlerem maschinellem Nachgemelk Ergebnisse, die zu mobilisierende Reserven im Bereich "Melkeinheit" aufzeigen.
- In Standard-Melkeinheiten dagegen arbeitete der speziell für den BIO-MILKER entwickelte Silicongummi mit 7 kPa ED bei 43 kPa Nennvakuum etwas schlechter als Nr. 68278-02 (2), (Meltec, Oelde): Für Standard-Melkeinheiten ist der STIMULOR mit 12 kPa ED im Vakuumbereich zwischen 43 kPa und 38 kPa somit generell besser geeignet.

Trotz -bei Einstellung gemäß unseren Empfehlungen- zweifelsfreier Funktion der Vibrationsstimulation erfordert das bislang von uns ausschließlich verwendete Verfahren mit Reduktion des Pulsatorvakuums spezielle Pulsatoren, was die Verbreitung einschränkt. Zudem ist der Funktionsbereich zwischen "mangelnder Intensität" und "vorzeitigem Abmelken" bislang durch Einschrauben einer entsprechenden Reduktionsdüse und nicht per Software einzustellen. Wir haben daher Versuche zur Optimierung eines Verfahrens mit verkürzter Saugphase durchgeführt. Weiterhin ist heute aufgrund der qualitätsorientierten Milchbezahlung generell von ca. 15 s Zitzenreinigung auszugehen, die naturgemäß auch stimulatorisch wirkt. Eine "Überstimulation" wurde zwar bei hygienischer Vorbereitung plus 60 s Vibrationsstimulation von uns nie festgestellt; Versuche zur entsprechenden Verkürzung der maschinellen Vorphase erschienen aber angezeigt, um die Maschinen-Haftzeit -und damit die Vakuumbelastung- zu minimieren:

- 252 Zyklen/min, eine Ansetzphase von 8 s Dauer (+ 2 s Übergang) bei 14% Saugphase vor der eigentlichen Stimulation mit 24% Saugphase und 34 + 5 s Dauer erbrachten dem bisherigen Verfahren vergleichbare, vollwertige Stimulations- und anschließende Melkergebnisse.
- Gleichtakt erscheint stimulatorisch interessant, weil das Melkzeug am Euter schwingt, sofern das Sammelstück nicht aufsteht; Differenzen zu Wechseltakt waren aber gering.
- Wechseltakt sollte vorzugsweise auf etwas weniger Saugphase eingestellt werden; die Absolutwerte sind natürlich von den Querschnitten der Bohrungen im verwendeten Pulsator abhängig.
- Auch beim STIMOPULS (Westfalia, Oelde) reichten 40 s maschinelle Anrüstdauer nach hygienischer Minimalvorbereitung für die meisten Kühe aus und verkürzten die mittlere Maschinen-Haftzeit um etwa 20 s, entsprechend der Differenz zur Vorphase von 60 s.

Wir hoffen, mit diesen Daten neue Impulse zur konsequenten Einführung vollwertiger maschineller Anrüstverfahren zu geben, denn die Erstellung der Melkbereitschaft ist eine physiologische Grundlage der Milchhergabe, die eine konsequente Anwendung von Niedrigvakuum bei maximaler Gewebeschonung erst ermöglicht.

4 Neuere Ergebnisse zur Melkzeugposition

Bereits vor Jahren haben wir für 150 ml Standard-Sammelstücke die Bedeutung des Melkzeugausrichtens herausgestellt: Die Zitzenbecher sollten eine etwa senkrechte Position zum Euterboden annehmen, um insbesondere das gleichmäßige Ausmelken von Vorder- und Hintervierteln zu fördern (GÖFT und WORSTORFF, 1989) und Blindmelken zwischen Vierteln zu minimieren, welches seinerseits die Milchabgabe der noch laufenden Viertel einschränkt (WORSTORFF et al. 1988). Durch Vergrößerung der Sammelstücke und die aufgrund geringerer Vakuumverluste gebotenen langen Milchschläuche mit 16 mm

Innendurchmesser kommt zwischenzeitlich verschärfend das Problem verstärkter Hebelkräfte dazu, welche i.d.R. das Melkzeug an den Vorderviertеln abhängen. Die Bedeutung der Melkzeugposition wird von der Praxis bislang unzureichend erkannt, und die angebotenen Servicearme sind nur ansatzweise geeignet, einen grundlegenden Wandel herbeizuführen. Folgende Funktionen sind -bei einfacher, robuster Ausführung- zu gewährleisten (WORSTORFF, 1996):

- Abfangen von Dreh- und Hebelkräften
- "Spannen", so daß die Zitzenbecher einen rechten Winkel zum Euterboden bilden
- Halten des Winkels zwischen Zitzenbecher und Euterboden bei normaler Tierbewegung
- Kombinierbarkeit des Servicearms mit automatischer Melkzeugabnahme
- minimale Einschränkung des Euterzugangs und
- keine Erhöhung der Unfallgefahr.

Zur Aktualisierung bzw. weiteren Präzisierung der Aussagen -ggf. als Grundlage einer Automati-sierung- wurden in neuen Melkversuchen Euter- und Zitzenbecherwinkel mit einem elektronischen Neigungsmesser erfaßt und klassifiziert. Zur Anwendung kamen die Behandlungen "ohne Servicearm" und "mit Servicearm" (Prototyp, Siliconform Türkheim), wobei alle Kühe der letztgenannten Variante standardisiert einem Spannwinkel von etwa 10° ausgesetzt und einige Problemtiere gegen Melkende zusätzlich nachgespannt wurden. Beide Versuche erfolgten mit Standard-Melkeinheiten (Fast Flow, Meltec, Oelde) bei 40 kPa Nennvakuum und den o.g. Zitzengummis "Standard" bzw. STIMULOR 7 kPa ED sowie BIO-MILKER mit STIMULOR 7 kPa ED. Als wesentliche Ergebnisse sind festzuhalten:

- Bei Kühen mit horizontalen oder leicht schrägen Euterböden wirkte sich der Servicearm bei Standard-Melkeinheiten nur wenig auf die Milchabgabe aus.
- Kühe mit schrägen Euterböden dagegen honorierten den Servicearm klar im maschinellen Ausmelkgrad.
- Der Höchste Milchfluß ging -vermutlich infolge eines gegen das Melkzeuggewicht wirkenden Vektors- generell bei "Spannen" zurück, die Melkzeug-Haftzeit blieb aber weitgehend gleich.
- Der BIO-MILKER kam selbst bei schrägen Euterböden problemlos ohne Servicearm aus.

5 Stand und Entwicklungspotential von Nachmelkautomaten

Das maschinelle Nachgemelk kann weitgehend automatisch gewonnen werden und damit in größeren Melkständen den Konflikt zwischen Arbeitsqualität und Routinezeit mindern (KOHLSCHMIDT et al. 1978, EBENDORFF et al. 1986). Die erste Technologie durch Abwandlung der automatischen Abnahme ist bemerkenswerterweise bis heute die einfachste und trägt dem Euterbodenwinkel Rechnung. Unsere Arbeiten beschäftigten sich mit Schwellenwerten und der kinematischen Optimierung einer Armkonstruktion (DETHLEFSEN et al. 1990). Inzwischen sind derartige Konstruktionen zwar im Angebot der Firmen aber noch weit davon entfernt, generell gekauft zu werden. Wenn der Einschaltwert um 800 g/min mit genügend Zug kombiniert und das Melkzeug spätestens bei 200 g/min abgenommen wird, sind wesentliche Grundlagen der Funktion erfüllt. Gewisse Probleme macht aber immer noch die Erfassung der Schwellenwerte: Milchmengenmesser bekommen zwar die obere Schwelle gut, sind bei der unteren dagegen einfachen Sensoren nicht generell überlegen (SCHUILING und

HOLTKUILE 1993). Basiert die Messung auf der elektrischen Leitfähigkeit, ist die Kennlinie zwischen unterem und oberem Wert oftmals unbefriedigend. Als Grundlage der weiteren Optimierung von Nachmelkautomaten und zunehmender Verbreitung in größeren Melkständen sind auch die Anforderungen an Servicearme zu erfüllen:

- Insbesondere bei größeren Sammelstücken und unterschiedlicher Höhe von Vorder- und Hintervierteln ist dem Ausrichten der Zitzenbecher auf den Euterbodenwinkel Rechnung zu tragen, um ein gleichmäßiges und weitgehendes Ausmelken zu ermöglichen.
- Wird das Melkzeug generell 10° gespannt, ergibt das nach unseren Untersuchungen eine Verbesserung gegenüber generellem Hängen. Offen ist aber, ob ein permanenter Zug guten Euterformen auf Dauer schadet.
- Ein tierindividueller Spannwinkel kann vom Melker problemlos eingestellt werden.
- Eine automatische Einstellung ist auf Basis einer Euterwinkelkartei in Verbindung mit Kuhidentifikation denkbar.
- Probleme bereiten bislang Kühe mit geringer Bodenfreiheit; das betrifft nicht nur Fleckvieh sondern auch HF-Kühe mit -wirtschaftlich sinnvoller- längerer Nutzungsdauer.
- Die Ergebnisse mit dem periodischen Lufteinlaß deuten mit überragendem maschinellem Ausmelkgrad, der weitgehenden Unempfindlichkeit hinsichtlich Euterbodenwinkel und Bodenfreiheit sowie dem Potential zur Vierteltrennung Wege zur Verbesserung und Vereinfachung des Melkprozesses an, deren Einführung aber nur als komplettes Systempaket (incl. Melkzeugaufnahme etc.) in einem entsprechenden Vertriebs- und Servicenetz Aussicht auf Erfolg haben kann.

6 Ausblick

Insgesamt steht heute das Wissen zur Verfügung, mit Anrüstautomatik, Ausrichten des Melkzeuges, Abfangen von Dreh- und Hebelkräften sowie automatischem Nachmelken und -Abnehmen des Melkzeuges hohe Durchsätze bei guter Arbeitsqualität zu realisieren. Bei funktionaler Ausführung und konsequenter Vermarktung -unter Einschluß sachlicher Information der Käufer- ist eine zunehmende Verbreitung der Kette mit positiven Folgen für die Milchgewinnung absehbar. Darüber sollte aber wissenschaftlich nicht vergessen werden, daß die weltweit üblichen Melkeinheiten neben dem Bedarf an erheblicher Teilautomatisierung auch hinsichtlich der zirkulatorischen Entlastung (z. B. S-90 HAPPEL) und/oder der Reizerneuerung zur Förderung der Milchhergabe beim Melken (z. B. APF) nicht zwangsläufig das letzte Wort darstellen.

7 Literatur

ARPE,I. (1997): Zum Einfluß der wiederholten Superovulation auf die Milchproduktion und den Laktationstrend von Fleckviehkühen. Reproduction in Domestic Animals (im Druck)

DETHLEFSEN,A., H.WORSTORFF und A.PREDIGER (1990): Kontrollgriff von Hand, Nachmelkautomat und automatische Melkzeugabnahme im Vergleich. Landtechnik 45 (12), S. 440-444

EBENDORFF,W., K.KRAM, J.ZIESACK, K.HARTMANN, U.MÖRCHEN und G.MICHEL (1986): Sicherung hoher und stabiler Milchleistungen der Kühe bei guter Eutergesundheit durch richtiges Ausmelken. Tierzucht 40(4), S. 176-178

GÖFT,H. und H.WORSTORFF (1989): Bessere Milchabgabe durch fachgerechtes Ausrichten des Melkzeuges. Milchpraxis 27(1), S. 16-19

KARCH,G. (1989): Experimentelle Untersuchungen zur Vorstimulation von Kühen unter besonderer Berücksichtigung technischer Einflußgrößen der Vibrationspulsierung auf das Milchabgabeverhalten und arbeitswirtschaftliche Aspekte. Agr. Diss. Weihenstephan, MEG Schrift 181

KOHLSCHMIDT,D., G.WEHOWSKY, J.LANDSMANN und A.HEINZE (1978): Ergebnisse der Erprobung automatischer Nachmelkvorrichtungen unter Praxisbedingungen. Agrartechnik 28(11), S. 485-488

MATTHES,H.-D., H.SCHWIDERSKI und E.POLTROCK (1975): Ergebnisse und Erfahrungen bei der Anwendung der Druckluftstimulation in der Milchviehanlage Dedelow. Tierzucht 29, S. 400-412

SCHUILING,H.J. und A.H.M.HOLTKUILE (1993): Afname melkstellen door melkmeters. PR/ROC's Rapport nr. 145, Lelystad, NL

WORSTORFF,H., G.KARCH, A.PREDIGER und D.SCHAMS (1987): Integrating mechanical stimulation to machine milking. Proc.Symp.Automation in Dairying, Wageningen, NL, S. 207-215

WORSTORFF,H., C.KÄSER und H.GÖFT (1988): Stimulation und Milchabgabe. Tierzüchter 40(11), S. 492-494

WORSTORFF,H. (1996): Performance of the Milking Unit and Automation. Proc.Symp.Milk Synthesis, Secretion and Removal in Ruminants. Univ. Bern, CH, S. 81-86

WORSTORFF,H. und R.FISCHER (1997): Verbesserungen zur Gewinnung und Verrechnung von Milchflußkurven. Milchwissenschaft (im Druck)

Minderung der NH_3 Emission aus der Schweinemast durch eiweißreduzierte Einzeltierfütterung

ANDREE, HELGA, HEINRICH-WILHELM KLUßMANN, HERMANN J. HEEGE

Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,
24098 Kiel, Tel. 0431/880 2355

1 Problemstellung

Eine wirksame Maßnahme für die Minderung der NH_3-Emission aus der Schweinemast ist eine präzise, dem Bedarf angepaßte Fütterung des Einzeltieres. Dies scheint bei den zur Zeit üblichen Haltungs- und Fütterungssystemen für Mastschweine nicht ausreichend gewährleistet zu sein. Es ist zu erwarten, daß

- mit herkömmlichen Fütterungstechniken Tiere innerhalb einer Gruppe nicht gleich versorgt werden, da die Freßgeschwindigkeit und damit eng korreliert die aufgenommene Futtermenge zwischen einzelnen Tieren erheblich schwanken kann,
- mit der heute allgemein üblichen Gruppenfütterung lediglich für den Durchschnitt der Tiere einer Bucht eine exakt angepaßte Futterzuteilung erreicht werden kann, das Einzeltier jedoch durch Verdrängungsprozesse am Futtertrog sowie durch Auseinanderwachsen in der Gruppe über- oder unterversorgt wird,
- und somit eine gleitende, an der Entwicklung des Einzeltieres orientierte Anpassung der Ration die Effizienz der Futterumsetzung deutlich verbessert.

Eine verbesserte Futterumsetzung durch das Mastschwein führt wiederum zu weniger Exkrementen in Menge und N-Gehalt und ist somit Voraussetzung zu einer reduzierten NH_3-Emission.

Ziel dieser Untersuchung war es zu ermitteln, inwieweit sich die Umsetzung dieser Annahmen unter praxisnahen Bedingungen tatsächlich in der Minderung der NH_3-Emission verifizieren lassen.

2 Vorgehensweise

Es wurde zunächst eine Fütterungstechnik entwickelt, mit der eine Einzeltierfütterung von in Gruppen gehaltenen Mastschweinen möglich ist. Die tierindividuelle Futterzuteilung in Abrufstationen mittels elektronischer Tieridentifikation ist Stand der Technik. Es war der Freßplatz für Mastschweine optimal zu gestalten. Hierzu wurden drei Freßstandvarianten gegenübergestellt, zwei einfache offene Einzelfreßstände mit unterschiedlich langen Seitenabtrennungen und ein geschlossener Durchlaufstand. Der geschlossene Durchlaufstand, in Abbildung 1 ersichtlich, verursachte im Vergleich zu den beiden offenen Freßständen deutlich weniger Verdrängungsversuche und erfolgreiche Verdrängungen am Freßplatzzugang.

Weiterhin wurden drei voneinander unabhängige Wiegevorrichtungen in die Abrufstation integriert. Erstens wurde die Standfläche vor dem Trog als Tierwaage zur täglichen Erfassung

des individuellen Tiergewichtes ausgelegt. Darüber hinaus wurden Wiegeeinrichtungen sowohl für die dem Einzeltier zugeteilten Futtermenge als auch für jeweilige Restfuttermengen im Trog benutzt.

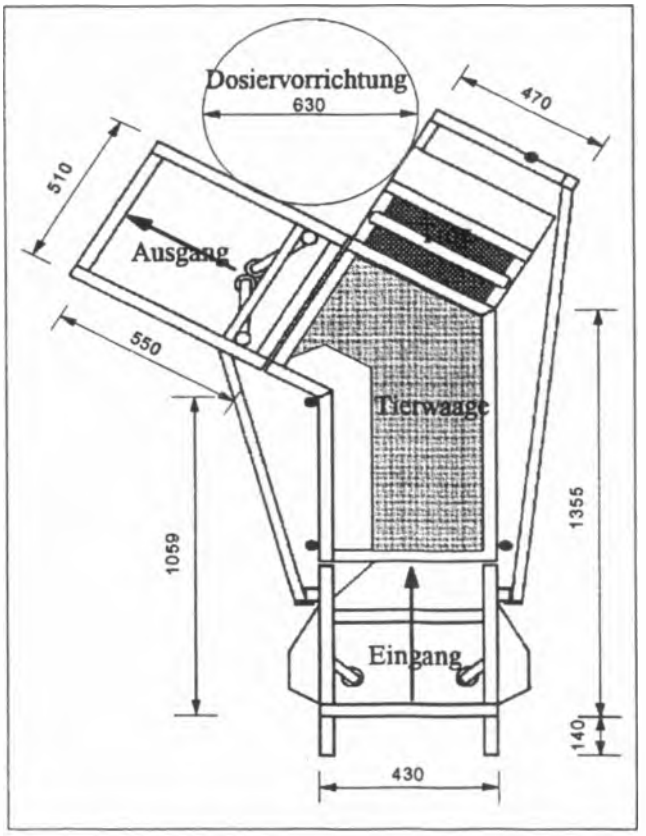


Abb. 1 Abrufstation für Mastschweine

Zur Optimierung der Einzeltierration wurde ein Dosiersystem entwickelt, das mit zwei Futterkomponenten arbeitet. Eine Futterkomponente ist bezüglich des Rohprotein- und Aminosäurengehaltes auf den ersten Masttag ausgelegt, die andere auf den letzten Masttag. Durch Verschneiden beider Komponenten kann präzise von Tag zu Tag jedes einzelne Tier gemäß der tatsächlichen Entwicklung individuell versorgt werden.

Es wurden Verhaltensstudien durchgeführt, um festzustellen, wieviele Tiere mit einer Abrufstation befriedigend versorgt werden können. Weiterhin wurde in 2 Mastversuchen unter praxisnahen Bedingungen die Einzeltierfütterung einer 4-Phasen-Fütterung über Trog gegenübergestellt.

3 Material, Methode

3.1 Tiere

Es wurden ausschließlich Börge der Herkunft BHZP gemästet. Die Tiere eines Mastdurchganges wurden aus einem Bestand bezogen. Zu Versuchsbeginn wurden die Tiere verwogen. Die Aufteilung der Tiere in die beiden Versuchsgruppen (Einzeltierfütterung/

Gruppenfütterung) wurde so vorgenommen, daß das Einstallgewicht beider Gruppen im Mittelwert und der Streuung gleich war. Im ersten Mastversuch (MV1) wurde im Mittel mit 25 kg eingestallt. Der Versuch konnte jedoch aufgrund des Auftretens von Durchfallerkrankungen zu Beginn der Mast sowie technischer Schwierigkeiten mit der Abrufstation erst bei ca. 47 kg begonnen werden. Im zweiten Mastversuch (MV2) wurde mit durchschnittlich 42 kg eingestallt.

3.2 Stallanlage

Es standen zwei identische Stallabteile mit den Innenmaßen 5,6m x 7,6m zur Verfügung. Der gesamte Stallraum war mit Spaltenboden ausgelegt (Schlitzweite 17 mm, Auftrittsbreite 7 cm). Die Stallklimatisierung erfolgte getrennt für beide Stallabteile über eine Unterdrucklüftungsanlage. Die Zuluft gelangte über eine Lochfoliendecke zugluftfrei in den Stallraum. Die Abluft wurde für jedes Abteil über Förderventilatoren (Querschnitt 370 mm) abgeführt.

3.3 Futtermittel

Die Vorversuche wurden mit Schweinemischfutter nach DLG-Standard durchgeführt. Die beiden Mastdurchgänge zur Erstellung einer N-Bilanz wurden mit pelletiertem Mischfutter durchgeführt, die Zusammensetzung ist in Tabelle 1 ersichtlich. In der Einzeltierfütterung wurden die beiden Mischfutter HP (hoher Proteingehalt) mit hohem, auf den ersten Masttag ausgelegten Rohproteingehalt und NP (niedriger Proteingehalt) mit niedrigem, auf den letzten Masttag ausgelegten Rohproteingehalt eingesetzt. Während der Mast wurden die beiden Futtermittel gegeneinander verschnitten um dem jeweiligen Tagesbedarf des Einzeltieres zu entsprechen.

Die Kontrollgruppe wurde als 4-Phasen-Mast durchgeführt. Es wurden die Futtermittel FM1 bis FM4, entsprechend der vier Fütterungsphasen 30-50kg, 50-70kg, 70-90kg und 90-110kg eingesetzt.

Tab. 1: Berechnete Gehalte der wichtigsten Rohnährstoffe der eingesetzten Futtermittel

	FM1	FM2	FM3	FM4	HP	NP
MEs (MJ)	13,5	13,5	13,5	13,1	13,5	13,1
Rohprotein (%)	18,0	16,0	14,5	13,0	19,0	11,5
Rohfett g/kg FM	24	24	26	27	24	27
Rohfaser g/kg FM	35	35	35	35	35	35
Ca g/kg FM	9,0	8,0	7,0	6,0	9,0	5,0
P g/kg FM	6,0	5,5	5,0	4,0	6,0	4,0
Lysin g/kg FM	10,0	9,0	8,0	7,0	11,5	6,5

3.4 Fütterungsablauf

Einzeltierfütterung

Die Tiere in der Versuchsgruppe Einzeltierfütterung wurden nach einer vorgegebenen Futterkurve gefüttert. Es wurden die zwei Futtervormischungen HP und NP eingesetzt. Die Mengenanteile in der Ration wurden in Abhängigkeit vom Gewicht des Einzeltieres gleitend dem theoretischen Bedarf angepaßt. Das Mischungsverhältnis wurde jeweils vor jeder Malzeit vom Fütterungscomputer berechnet.

Das Futter wurde aus den Vorratsbehältern über Zellenräder in Portionsgrößen von ca. 60g, alternierend in einen mit Wiegevorrichtungen versehenen Zwischendosierer gefüllt. Die Mahlzeit wurde noch einmal exakt verwogen und anschließend in Intervallen über eine Schnecke in den Trog entleert. Die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Teilportionen waren für jedes Tier individuell wählbar. Damit war sichergestellt, daß Unterschiede in der Größe der Mahlzeit und in der individuellen Freßgeschwindigkeit sich in der Verweilzeit zur Futteraufnahme niederschlugen.

Traten bei der Fütterung Trogrestmengen auf, wurden diese entsprechend den Anteilen in der vorhergegangenen Mahlzeit den beiden Futterkomponenten angerechnet und bei der nächsten Mahlzeit berücksichtigt.

Zugang zum Futter war über 23h täglich, von 6h bis 5h, bis zum vollständigen Abruf der Tagesration möglich. Der tägliche Futterabruf, Restmengen, Freßverhalten und Tagesgewicht wurde über den Fütterungscomputer erfaßt und protokolliert.

Gruppenfütterung

Die Rationen der Kontrollgruppe waren so ausgelegt, daß sie der Futterkurve in Menge und Rohprotein- bzw. Lysinzufuhr der Einzeltierfütterung entsprachen. Gefüttert wurde zweimal täglich über Trog Die Fütterungszeiten waren 7:00 und 15:00 Uhr. Es war ein Tier:Freßplatzverhältnis von 1:1 gewährleistet. Eventuell vorhandenes Restfutter im Trog wurde erfaßt und zurückgewogen. Die Tiere wurden wöchentlich verwogen und die Futtermenge entsprechend der Futterkurve angepaßt.

4 Ergebnisse

4.1 Verhaltensstudien

Offene Abrufstationen sind für Einzeltierfütterung von in Gruppen gehaltenen Mastschweinen nicht geeignet. Das Anbringen langer Seitenabtrennungen an den Abruf-Freßstand zum Schutz der Tiere reduziert zwar das Aggressionsaufkommen um mehr als die Hälfte, das Aggressionsniveau ist aber immer noch zu hoch. Dies schlug sich in deutlich schlechteren Mastleistungen (Tabelle 2) innerhalb der Vorversuche nieder.

Tab. 2: Mastleistungen einer Gruppe von Mastschweinen bei Einzeltierfütterung am offenen Abruf-Freßstand im Vergleich zur Kontrollgruppe mit Fütterung am Breiautomaten (je 10 Tiere)

	offener Abruf-Freßstand				Kontrollgruppe			
	Mittel-wert	s	Min.	Max.	Mittel-wert	s	Min.	Max.
Anfangsgewicht (kg)	26,5	3,8	21	32	26,6	2,4	23	31
Endgewicht (kg)	91,7	15,7	68	116	105,3	13,6	80	129
Zuwachs (kg)	65,2	13,2	43	86	78,8	12,1	55	99
Masttage	146	21,1	120	165	130	29,4	91	157
tägl.Zunahme (g)	463	140	260	716	651	235	347	1082

Die geschlossene Abrufstation dagegen zeigt im Vergleich zu den offenen Abruf-Freßständen ein deutlich niedrigeres Aufkommen an Verdrängungen und Verdrängungsversuchen. In den Untersuchungen zur Gruppengröße ergab sich mit 20 Tieren ein Kompromiß zwischen Staionsauslastung, Fehlbesuchen und Futterabruf.

4.2 Mastergebnisse

Die im Rahmen der beiden zur Bilanzierung des Futterstickstoffs erhobenen Mastleistungsdaten sind für MV1 und MV2 in Tabelle 3 und 4 dargestellt.

Gemeinsam für beide Mastversuche lassen sich folgende Aussagen treffen:

- die Futterverwertung in der Einzeltierfütterung ist tendenziell besser als bei Gruppenfütterung,
- die Tiere in der Einzeltierfütterung rufen in Durchschnitt nur ca. 90 % ihrer Ration ab,
- der Zuwachs, das Endgewicht und die durchschnittlichen Tageszunahmen sind in der Einzeltierfütterung niedriger als bei der Gruppenfütterung.

Die Unterschiede zwischen der Einzeltierfütterung und Gruppenfütterung lassen sich anhand der Datenstruktur jedoch nicht statistisch absichern.

Zwischen den beiden Mastversuchen MV1 und MV2 sind deutliche Unterschiede im Leistungsniveau festzustellen. Dieser Effekt ist stallklimabedingt. MV1 wurde im Sommer durchgeführt, während MV2 zu herbstlichen bzw. Winterbedingungen stattfand. Der Stall war zwar wärmegedämmt, die Einflüsse des Außenklimas ließen sich jedoch nicht ganz eliminieren. Dies zeigt deutlich, daß andere Haltungsfaktoren wie z.B. das Stallklima einen wesentlich stärkeren Einfluß auf die Futterverwertung ausüben als die Fütterungstechnik.

Weitere Unterschiede zwischen den beiden Mastgruppen zeigen sich in den Variationskoeffizienten für die einzelnen Merkmale. Bei „schlechten" Mastbedingungen, als Folge der Dysenterie in MV1, streuen die Daten stärker als bei guten Bedingungen. Es fällt

jedoch auf, daß hier die Einzeltierfütterung Vorteile gegenüber der Gruppenfütterung zeigt. In MV2 sind nahezu keine Unterschiede in den Variationskoeffizienten der beiden Gruppen festzustellen.

Tab. 3: Mastleistungsdaten aus MV1 zur N-Bilanzierung vom 14.6-14.8.1996

	Einzeltierfütterung				**Gruppenfütterung**			
	Mittel-wert	Min	Max	VK	Mittel-wert	Min	Max	VK
Anfangsgewicht (kg)	47	38	56	10,1	49	29	58	15,0
Endgewicht (kg)	94	70	105	9,3	98	51	120	16,9
Schlachtgewicht (kg)	72	50	83	21,1	76	38	95	32,1
Zuwachs (kg)	46	29	53	14,3	51	26	72	20,9
Tageszunahme (kg)	0,824	0,520	0,964	14,3	0,835	0,423	1,182	20,9
Futterverwertung	2,55	1,34	3,48	19,5	2,94	-	-	-
Futterabruf (%)	91	53	118	18,2	100	-	-	-

Tab. 4: Mastleistungsdaten aus MV2 zur N-Bilanzierung vom 4.9-30.11.1996

	Einzeltierfütterung				**Gruppenfütterung**			
	Mittel-wert	Min	Max	VK	Mittel-wert	Min	Max	VK
Einstallgewicht (kg)	42	35	51	9,1	42	34	50	8,7
Endgewicht (kg)	102	95	109	3,8	104	86	123	9,0
Schlachtgewicht (kg)	77	73	87	4,3	90	75	107	9,8
Zuwachs (kg)	60	43	69	10,4	62	49	62	10,9
Tageszunahme (kg)	0,719	0,522	0,829	10,4	0,745	0,590	0,745	10,9
Futterverwertung	3,19	2,39	4,36	14,9	3,34	-	-	-
Futterabruf (%)	92	74	118	12,4	100	-	-	-

In MV2 wurden neben dem Muskelfleischanteil über FOM weitere qualitätsbestimmende Schlachtkörpermerkmale erhoben, ersichtlich in Tabelle 5. Der Muskelfleischanteil in der Einzeltierfütterung ist tendenziell besser als bei Gruppenfütterung, der Unterschied läßt sich auch hier nicht statistisch absichern. Die Merkmale Schinkenanteil, Leitfähigkeit, pH1 und pH24 zeigen keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

Tab. 5: Schlachtkörperdaten aus MV2

	Schlacht-gewicht (kg)	Schlacht-körperlänge (cm)	Muskel-fleischanteil (%)	Schinken-anteil (%)	LF1-Kotelett	pH1-Kotelett	pH24-Kotelett
Gesamt							
Mittelwert	82,9	96,3	56,8	34,0	4,51	6,13	5,36
VK	12,9	3,6	5,1	3,6	17,4	4,6	1,1
Einzeltierfütterung							
Mittelwert	75,4	94,5	57,6	34,1	4,14	6,12	5,35
VK	8,1	3,2	3,8	4,1	15,6	4,6	1,3
Gruppenfütterung							
Mittelwert	90,3	98,1	55,9	33,9	4,88	6,14	5,37
VK	9,8	2,9	5,8	2,7	15,0	4,5	0,7

Abschließend läßt sich sagen, daß in diesen Versuchen, bei nahezu gleichem Input, tendenziell Vorteile in der Futterverwertung und N-Umsetzung zugunsten der Einzeltierfütterung zu beobachten sind. Diese sind jedoch sehr gering und nicht als Instrument zur nachhaltigen Minderung der NH_3 Emission für den praktischen Einsatz in der Schweinemast geeignet. Die erzielbaren Effekte sind zu gering im Vergleich zu den zusätzlichen Kosten einer solchen Fütterungstechnik.

5 Literatur

BARTUSSEK, H. UND HAUSLEITNER, A.: Elektronische Abruffütterung und Einzeltiererkennung bei Mastschweinen in Gruppenhaltung. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1987, KTBL-Schrift 323, KTBL Darmstadt, S. 198-213

DE BAEY-ERNSTEN, H.: Futterzuteilung an Sauen mittels Abrufautomaten. Dissertation Kiel, 1993 (Forschungsbericht Agrartechnik des AKFL 230, 1993)

DOURMAD, J.Y., GULLIOU, J.: Development of a calcualtion model for predicting the amount of N excreted by the pig: effect of feeding, physiological stage and performance. Livestock Production Science, (31) 1992, S. 95-107

GESELLSCHAFT FÜR ENÄHRUNGSPHYSIOLOGIE DER HAUSTIERE: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr 4 Schweine, 1987, DLG-Verlag Frankfurt (Main)

HEINRICHS, P.: Einfluß einer eiweißreduzierten Fütterung von Mastschweinen auf die Stickstoffbilanzen sowie die Mast- und Schlachtleistungen. Dissertation Kiel, 1994

HENKEL, H., PFEIFFER, A.: Senkung der Stickstoff- und Phosphorgehalte in der Gülle bei gleicher Mastleistung durch opotimale Fütterung der Schweine. Betriebswirtschaftliche Mitteilungen Nr. 408, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Kiel, März 1989

KLUßMANN, H.W.: Einzeltierfütterung von in Gruppen gehaltenen Mastschweinen, Dissertation Kiel, 1996

LATIMIER, P., DOURMAD, J.Y.: Effect of three protein feeding strategies for growing-finishing pigs on growth performance and nitrogen output in the slurry and in the air. In: Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. EAAP Publicaton Nr. 69, 1993, S. 242-246

MEINEN, H., OLDENBURG, J.: Dosiergenauigkeit von Trockenfütterungsanlagen, die zur Verarbeitung mehrerer Futterkomponenten geignet sind. Rationalisierugnskuratorium für Landwirtschaft (RKL), Kiel, November 1992, S. 853 ff.

PFEIFFER, A., ARENDS, F., LANFHOLZ, H.J., STEFFENS, G.: The influence of various pig housing systems and dietary protein levels on the amount of ammonia emissions in the case of fattening pigs. Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, Wageningen, 1993, S. 313-317

SCHWARZ, H.P.: Wachstumsangepaßte Fütterung von Mastschweinen unter Verwendung einer vollautomatischen, computergesteuerten Flüssigfütterungsanlage. Dissertation, Gießen, 1989 (Forschungsbericht Agrartechnik des AKFL 164, 1989)

SPIEKERS, H., PFEFFER, E.: Emissionsminderung durch angepaßte Fütterung. In: Ammoniak in der Umwelt. VDI/KTBL Symposium, 12. Okt. 1990 in Braunschweig, Darmstadt, 1990, S. 24.1-24.16

Stallsysteme für eine umweltverträgliche Mastschweinehaltung - Erdreichwärmetauscher und nährstoffangepasste Fütterung - (BML-Modellvorhaben 95/96)

BECK, JÜRGEN; PETER EPINATJEFF; HEIKO REINHARDT; ANDREAS SCHEUBLE

Institut für Agrartechnik (440), Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landw. Bauwesen, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

1 Einleitung und Problemstellung

Vor dem Hintergrund der Düngeverordnung und der zunehmenden Anforderungen des Wasser-, Boden- und Atmosphärenschutzes kann die Umweltverträglichkeit der Mastschweinehaltung durch eine Reduktion der Nährstoffausträge, der Geruchs- und Schadgasemissionen, aber auch durch Energieeinsparung verbessert werden. Denn Nährstoffüberversorgung führt zu keinen höheren Zuwächsen, sondern nur zu höheren Nährstoffverlusten in Form von Ammonium- und später Nitratstickstoff in Boden, sowie in Oberflächen- und Grundwasser sowie zu Ammoniakemissionen. Dies kann man durch den Einsatz einer Anlage zur nährstoffangepaßten Fütterung verhindern, mit der die Fütterung buchtenindividuell in ihrer Zusammensetzung an den aktuellen Bedarf der Mastschweine angepaßt werden kann und durch den Einsatz eines Erdreichwärmetauschers, der die Temperaturamplituden des Stallklimas dämpft. Die gemeinsamen Wirkungen beider Techniken auf die Ammoniak- und Geruchsemissionen, den N- und P-Austrag über die Exkremente sowie auf die tierischen Leistungen und die Ökonomik dieses Betriebszweiges sollten im Rahmen eines BML-Modellvorhabens untersucht und dokumentiert werden.

2 Material und Methode

2.1 Material

Das Modellvorhaben wurde in einem im geschlossenen System arbeitenden Schweinehaltungsbetrieb in Baden-Württemberg durchgeführt. Der Schweinemaststall (480 Mastplätze), ein einstreuloser Kammstall, der abteilweise im Rein- Raus-System bewirtschaftet wird, war mit einer computergesteuerten Trockenfütterungsanlage (System Fancom/Funki-DSI) und einer Zuluftkonditionierung über einen Erdreichwärmetauscher ausgestattet. Pro Kammabteil waren jeweils 60 Mastschweine in 6 teilperforierten Buchten (2,40 x 3,60 m) aufgestallt (Abb. 1). Für die Versuche standen zwei Abteile zur Verfügung, die im Abstand von 14 Tagen mit Ferkeln belegt wurden. Dabei handelte es sich um Tiere aus einer Kreuzung zwischen Landrasse-Sauenlinie (DLS) mit Pietrainebern. Das Futter wurde für beide Abteile computergesteuert in kontinuierlicher Anpassung an die Futterkurve vollautomatisch angemischt und verteilt. Zur nährstoffangepassten Fütterung wurden drei Mastmischungen (Vor-, Mittel- und Endmast) verschnitten. Das konventionelle Futter bestand dagegen nur aus einer Universalmischung. Die Futtervorlage erfolgte in Breifutterautomaten, die über einen Drahtseilförderer zweimal täglich automatisch beschickt wurden.

Bei der Stallüftung handelte es sich um ein Unterdrucksystem mit Zuluftführung über

Porendecke und Abfuhr der Abluft über eine Unterflurabsaugung. Die Zuluft wurde aus dem Dachraum über dem Stall angesaugt. Dorthin gelangte die im Erdreichwärmetauscher konditionierte Außenluft. Je Stallabteil war ein zentraler Abluftkamin mit Ventilator und Meßventilator vorhanden. Jeweils zwei Stallabteile wurden durch einen Stallklimacomputer (System Fancom) gesteuert. Die Entmistung erfolgte über ein funktionssicheres Staumistverfahren mit Umspülen im zweiwöchigen Turnus.

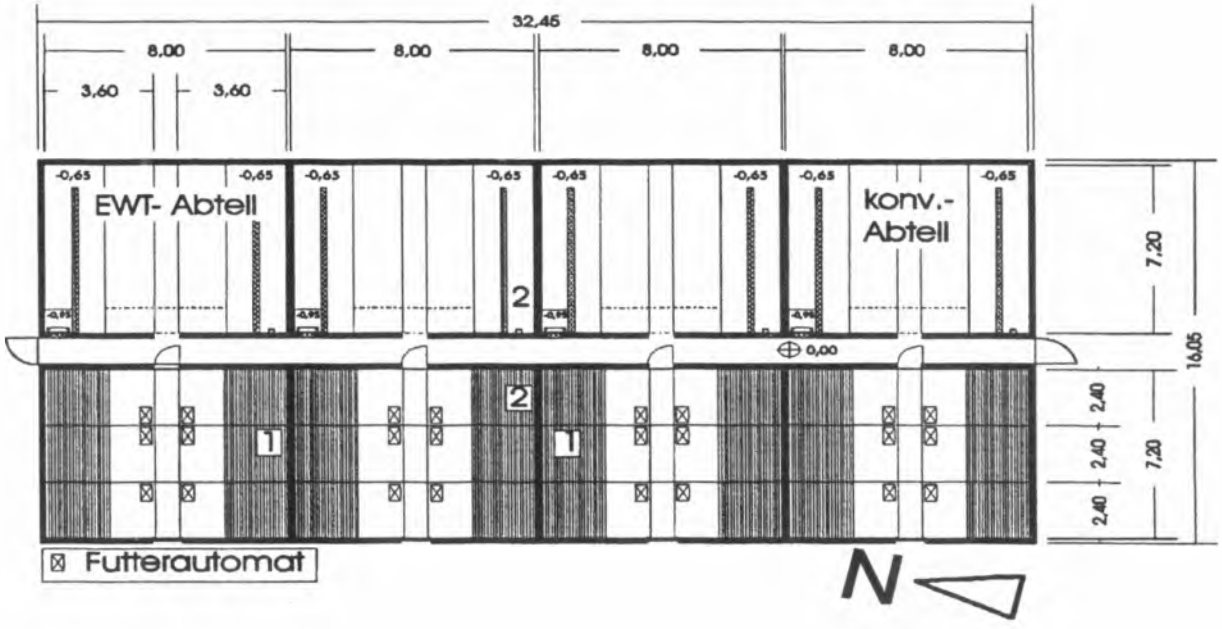


Abb. 1: Grundriß des Kammstalles mit insgesamt 480 Mastplätzen

Um den Effekt der eingesetzten Fütterungs- und Lüftungstechnik beurteilen zu können, wurde die bis dahin im Betrieb übliche Fütterungs- und Lüftungsstrategie im Abteil mit Erdreichwärmetauschereinsatz (EWT-Abteil) während des Mastverlaufs beibehalten bzw. lediglich leicht angepaßt. Im konventionell betriebenen Vergleichsabteil (Konv. Abteil) wurde auf Nährstoffanpassung und Zuluftkonditionierung verzichtet. Statt dessen wurde eine Universalfuttermischung eingesetzt, mit 12,4 MJ ME/kg Energiegehalt und 18,8 % i.d.TS an Rohprotein. Über das Mineralfütter (Blattivit Profi M-2020, Höveler) wurden die Mischungen zusätzlich mit Aminosäuren und Phytase supplementiert. Hauptenergieträger war für beide Gruppen wirtschaftseigenes Getreide. Die Tiere waren getrenntgeschlechtlich aufgestallt und die täglichen Futtermengen wurden entsprechend differenziert. Um seine extrem hohen Mastleistungen abzusichern, hielt der Landwirt auf Anraten seines Futtermittelberaters während des gesamten Mastverlaufes den Rohproteingehalt mit 20,0 -20,8 % nahezu konstant auf einem sehr hohen Niveau. Lediglich der Energiegehalt (von 12,9 auf 12,3 % MJ ME/kg) und die zusätzliche Aminosäurensupplementierung wurden im Mastverlauf zurückgefahren (Lysin: von 1,16 auf 1,02 %; Methionin/Cystein: von 0,73 auf 0,72 % und bei Threonin von 0,73 auf 0,70 %).

2.2 Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen wurden in der Sommersituation über eine gesamte Mastperiode durchgeführt. Der Einfluß des Erdreichwärmetauschers und der nährstoffangepaßten Fütterung auf die Ammoniak- und Geruchsemissionen wurden im Vergleich zum konventionellen Abteil ermittelt. Dieses erhielt seine Zuluft zwar ebenfalls aus dem Dachraum, aber direkt aus der geöffneten Dachtraufe, ohne Vorkonditionierung. Hierzu wurde das entsprechende Dachsegment mit Spanplatten, Wärmedämmung (10 cm Steinwolle) und Kunststoffolie abgetrennt.

Die Untersuchungen gliederten sich in einen Teil zur Erfassung der Wirkung auf das Stallklima mit Ammoniak- und Geruchsemissionen und in einen Teil zur Bestimmung der Nährstoffausträge über die Exkremente mit anschließender Bilanzierung und ökonomischer Bewertung der Maßnahmen. Als Meßgrößen zur Beurteilung der Stallklimabeeinflussung wurden folgende Parameter erfaßt und auf dem Betriebs-PC abgespeichert: Außentemperatur, Zulufttemperatur im Ansaugrohr des EWT, Bodentemperatur, Temperatur der konditionierten Zuluft nach Verlassen des EWT, Lufttemperatur im Dachraum, Lufttemperaturen in den beiden Abteilen. Zur Sicherheit wurden noch Thermohygrographen eingesetzt für Temperatur- und Luftfeuchtebestimmung im Bereich der Ansaugrohre des EWT, im Dachraum und in den Versuchsabteilen.

Die Ammoniakkonzentration wurde im Abluftstrom naß-chemisch während jeweils 24 h bestimmt. Die Probenluft wurde dazu mittels Vakuumpumpe durch eine Glasfritte in eine 0,5%-ige Schwefelsäurelösung geleitet, in der der Ammoniumstickstoff gebunden wurde. Von dieser Tagesprobe wurde eine Teilprobe (10 ml entnommen, aufbereitet und mit einem Küvettentest (System Dr. Lange, LCK 304) photometrisch analysiert. Unter Berücksichtigung des Luftvolumenstromes und der Dichte von Ammoniak errechnet sich daraus die Ammoniakemission. Der Luftvolumenstrom wurde mit den in den Abluftkanälen installierten und kalibrierten Meßventilatoren (System Fancom) gemessen. Weiterhin wurde die Leistungsaufnahme der Lüftungsanlage für jedes Versuchsabteil separat mit Stromzählern erfaßt.

Zur Bestimmung der Nährstoffausträge über die Exkremente wurde der Auslaß des Entmistungskanals der Stau-/Umspülentmistung mit einem dichten Schieber verschlossen, um so die gesamten Anfallsmengen und deren Gehalte an N und P bestimmen zu können. Hierzu wurde wöchentlich der Pegelstand der Gülle in den Kanälen gemessen. Mit je einer fest in den Abteilen installierten Tauchkreiselpumpe wurde der Flüssigmist von einer Seite des Flüssigmistkanals über eine Rohrleitung zum anderen Ende geführt. Dadurch wurde der Kanalinhalt für je 30 min. in turbulente Strömung versetzt. Die Gülleproben wurden danach im Auslaufbereich der Zirkulationsleitung bei laufender Pumpe gezogen. Zur Korrektur um die Verdunstung wurde eine Verdunstungswanne auf die Gülleoberfläche aufgesetzt. Weiterhin wurde der Verschmutzungsgrad der Buchten regelmäßig dreimal wöchentlich bonitiert. Die Geruchsbestimmung der aus dem Abluftstrom gezogenen Proben wurde mit einem Olfaktometer (TO6, System Mannebeck) vorgenommen. Kontrollwägungen dienten zur Beurteilung der Mastleistungen der Tiere.

3 Ergebnisse

Aus den vorliegenden Daten eines Mastdurchgangs im Sommer werden die Daten einer Woche exemplarisch herausgegriffen und im folgenden vorgestellt.

3.1 Stallklima

Der Erdreichwärmetauscher führte während der Untersuchungsperiode im Vergleich zum konventionellen Abteil zu einer deutlichen Verbesserung der Stallklimaparameter Temperatur und Luftfeuchte. Obwohl in der ausgewählten Woche im Juli 1996 keine extrem hohen Außentemperaturen auftraten, wirkten sich dennoch starke Tag-Nacht-Schwankungen der Außentemperatur (bis zu 24,5 K) direkt auf die Lufttemperaturen im konventionellen Abteil aus. Dessen Schwankungen betrugen immerhin noch 9,0 K, bei Temperaturspitzen von bis zu 29,0 /C. Trotz maximaler Lüfterleistung (ca. 5800 m; h^{-1}) konnte die Stalltemperatur höchstens um 3,5 K unter der maximalen Außentemperatur gehalten werden (Abb. 2).

Im Gegensatz dazu lagen die Tag-Nacht-Schwankungen im EWT-Abteil bei höchstens 5,5 K. Die Stallluftemperaturen blieben auf einem niedrigeren Niveau; maximal 24 /C wurden erreicht. Die Außenluft gab also wie erwartet tagsüber Wärme an den Erdboden ab und nahm nachts von dort wieder Wärme auf. So konnten die Temperaturamplituden deutlich gedämpft werden. Hieraus geht klar hervor, daß bei hohen Außentemperaturen ein Kühleffekt und bei niedrigen eine Erwärmung stattfindet, daß also der EWT als Wärmepuffer dient und ein wesentlich gleichmäßigeres Stallklima bewirkt.

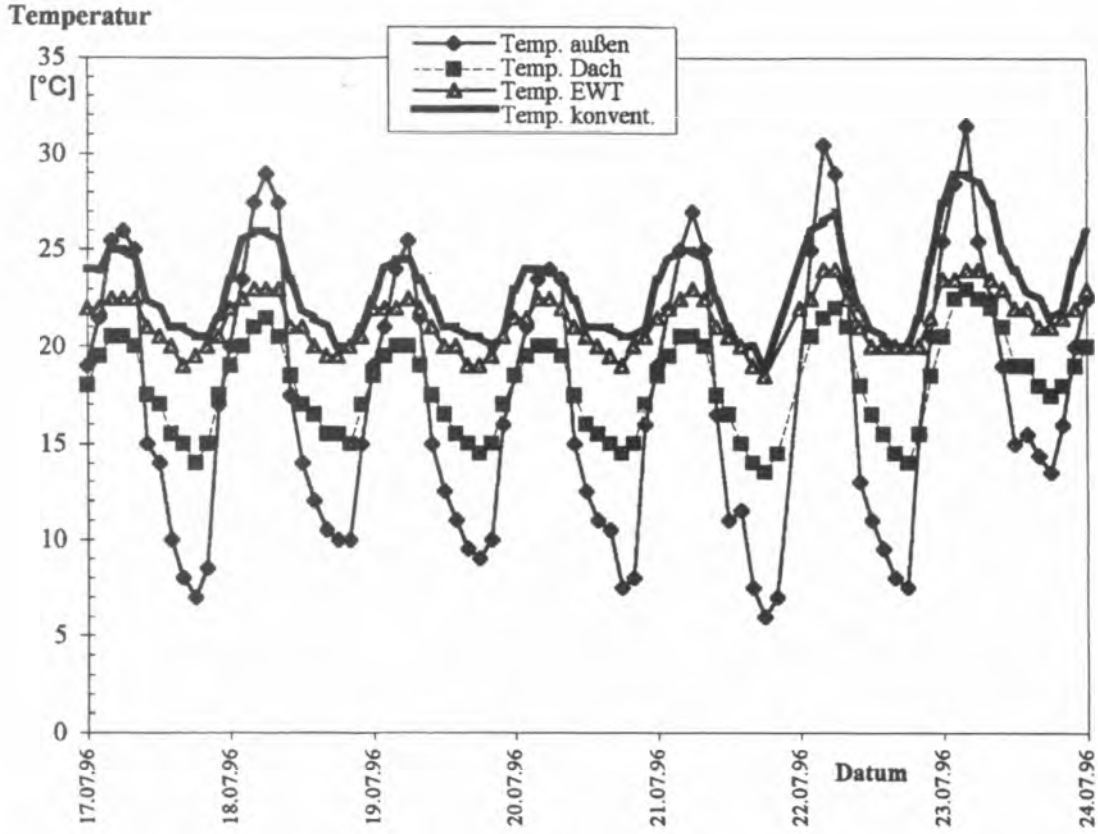


Abb. 2: Exemplarische Temperaturverläufe mit und ohne Zuluftkonditionierung durch Erdreichwärmetauscher

Mit Hilfe des EWT wäre eine Energieeinsparung, über die bei der Konditionierung der Zuluft erzielte hinaus, auch durch Drosselung der Leistung der Abluftventilatoren möglich. Denn durch die höheren Stallufttemperaturen bei Nacht wird, bei gleicher Sollwertvorgabe wie im konventionellen Abteil, in der Sommersituation eine höhere Luftrate als nötig gefahren. Bislang bestand im Elektroenergieverbrauch kein Unterschied zwischen beiden Varianten (für den Beispielszeitraum: 56,6 kWh im EWT und 58,2 kWh im konv. Abteil). Dies beruht darauf, daß die im EWT-Abteil tagsüber geringere Lüfterleistung durch die höhere Luftrate während der Nacht wieder kompensiert wurde. Ein deutlicher Einsparungseffekt könnte durch eine um 1 K höhere Stallsolltemperatur erreicht werden.

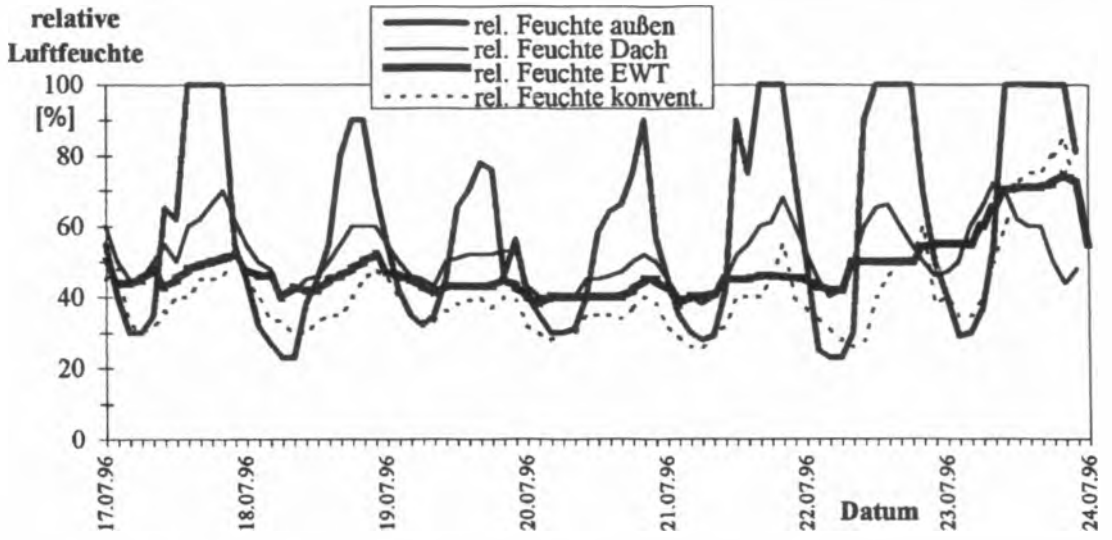


Abb. 3: Einfluß des Erdreichwärmetauschers auf die relative Luftfeuchte

Darüber hinaus bewirkt der EWT einen ähnlichen Ausgleich in der relativen Luftfeuchte des Stallabteils, wie aus Abbildung 3 hervorgeht. Während im konventionellen Abteil die Luftfeuchte stark durch die Außenluft beeinflußt wurde (Schwankungen von bis zu 77 %), ergab sich im EWT-Abteil ein gedämpfter Verlauf (maximal 30 % Schwankungen). Dadurch konnten Werte von unter 40 % relativer Luftfeuchte mit vermehrter Staubfreisetzung vermieden werden. Es kommt somit im EWT durch Anwärmung und Kühlung der Zuluft zu Verdunstungs- und Kondensationsvorgängen. Das Kondensat wird in den Rippen der Tauscherrohre gespeichert.

3.2 Ammoniak- und Geruchsemissionen

Bei beiden Varianten wurden relativ niedrige Ammoniakkonzentrationen festgestellt, wobei das EWT-Abteil (zwischen 1,4 und 3,5 ppm NH_3) noch deutlich unter den Werten des konventionellen Abteils blieb (zwischen 3,8 und 9,6 ppm NH_3). Berechnet man die freigesetzten Ammoniakemissionen, so wurde in der Beispielswoche (Abb. 4) im Mittel der 24-stündigen Meßperioden im EWT-Abteil (19,65 g NH_3/GVd) wesentlich weniger Ammoniak über die Abluft in die Umgebung freigesetzt als aus dem konventionellen Abteil (58,05 g NH_3/GVd). über die gesamte Mastdauer von 92 Tagen betrachtet, lagen die mittleren täglichen NH_3-Emissionen aus dem EWT-Abteil bei 39,68 g NH_3/GVd und aus dem konventionell betriebenen bei 61,33 g NH_3/GVd. Diese Emissionswerte liegen deutlich unter den von Keck et al.(1995) gemessenen Werten von zwischen 83 und 119 g NH_3/GVd, je nach Lüftungssystem.

Dennoch ließ die Verschmutzungssituation der Buchtenflächen keine Rückschlüsse auf die Ammoniakfreisetzung zu, da keine Unterschiede zwischen den Verfahren festzustellen waren. Ebenso ergaben die olfaktometrischen Bestimmungen der Abluftproben nur geringe Unterschiede, jedoch zugunsten der konventionellen Variante.

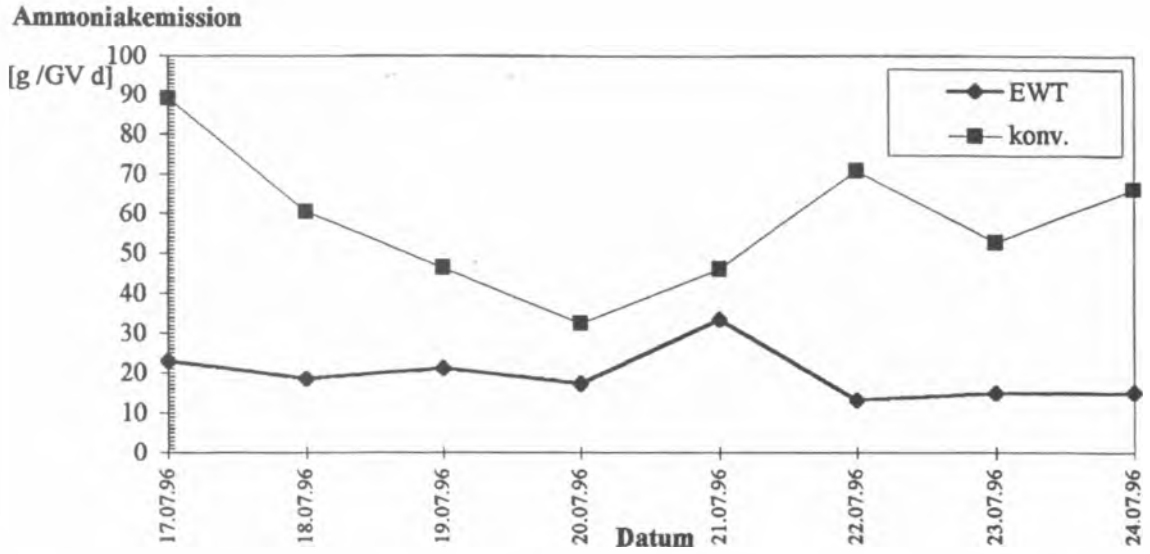


Abb. 4: Ammoniakemissionen aus dem EWT-Abteil im Vergleich zum konventionellen Abteil

3.3 Nährstoffausträge

Das Ziel im zweiten Teil der Untersuchungen war die Bilanzierung des eingesetzten Stickstoffs und die Beurteilung der im Betrieb auftretenden Stickstoffflüsse. Wie aus Abbildung 5 hervorgeht, differieren die Rohproteinkurven beider Abteile besonders in der zweiten Hälfte der Mast deutlich von der durch die GfE (1987) empfohlenen bedarfsangepassten Kurve. Nach Auswertung der Futtermittelanalysen erhielten die Tiere im EWT-Abteil mit Multiphasenfütterung höhere Rohproteinmengen als die Tiere im konventionellen Abteil. Die pro Tag zugeteilten Futtermengen unterschieden sich in beiden Varianten nur minimal, obwohl die Tiere nach Geschlecht sortiert waren.

Der erste Schritt zur Bilanzierung war die Bestimmung der angefallenen Flüssigmistmengen mittels Pegelmessungen. Es wurde festgestellt, daß von je 60 Mastschweinen im EWT-Abteil insgesamt 13,5 m; und im konv. Abteil 11,1 m; Flüssigmist während der Mastperiode abgesetzt worden waren. Dabei war der TS-Gehalt im Flüssigmist von anfänglich 2 % (durch Reste von Reinigungswasser) auf 12 % im EWT-Abteil und 10 % im konv. Abteil angestiegen. Von den 17,89 m; aufgenommenen Wassers waren im EWT-Abteil 10,9 m; in den Flüssigmist gelangt, 1,46 m; waren aus dem Flüssigmist verdunstet und 5,52 m; mußten demnach von den Tieren in Form von Wasserdampf abgegeben worden sein.

Der Gehalt an Gesamtstickstoff im Flüssigmist stieg im EWT-Abteil von anfänglich 4,21 auf 10,35 g Ges. N/kg Frischsubstanz zum Ausstallzeitpunkt; im konv. Abteil stieg der Wert vergleichbar von 4,25 auf 10,21 g Ges. N/kg Frischsubstanz.

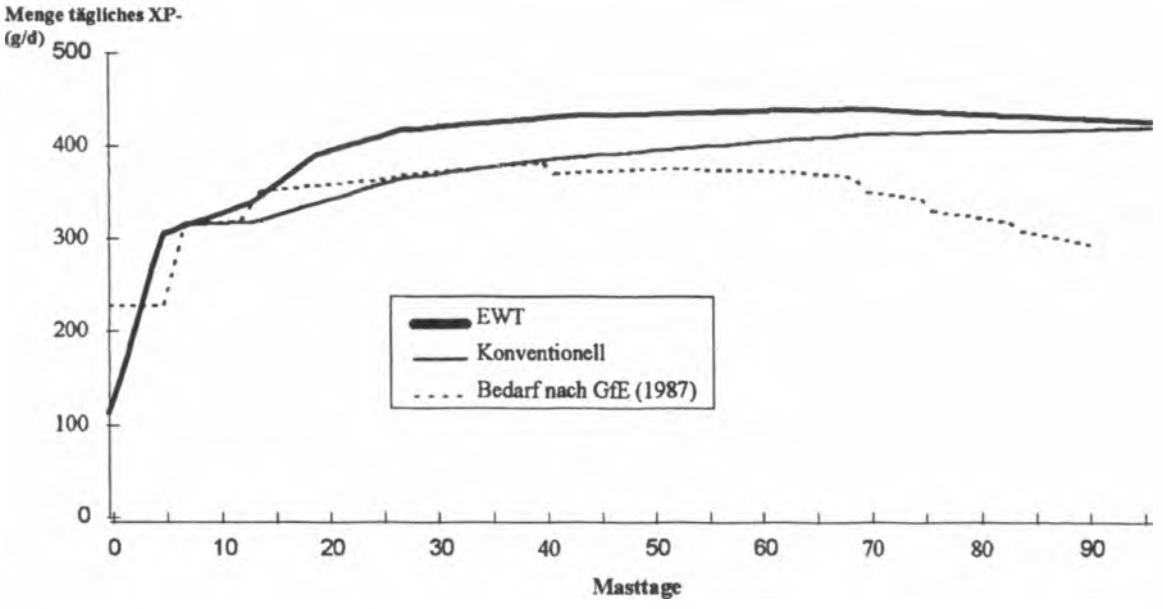


Abb. 5: Nährstoffanpassung - Vergleich der Rohproteinversorgung mit dem Bedarf nach GfE

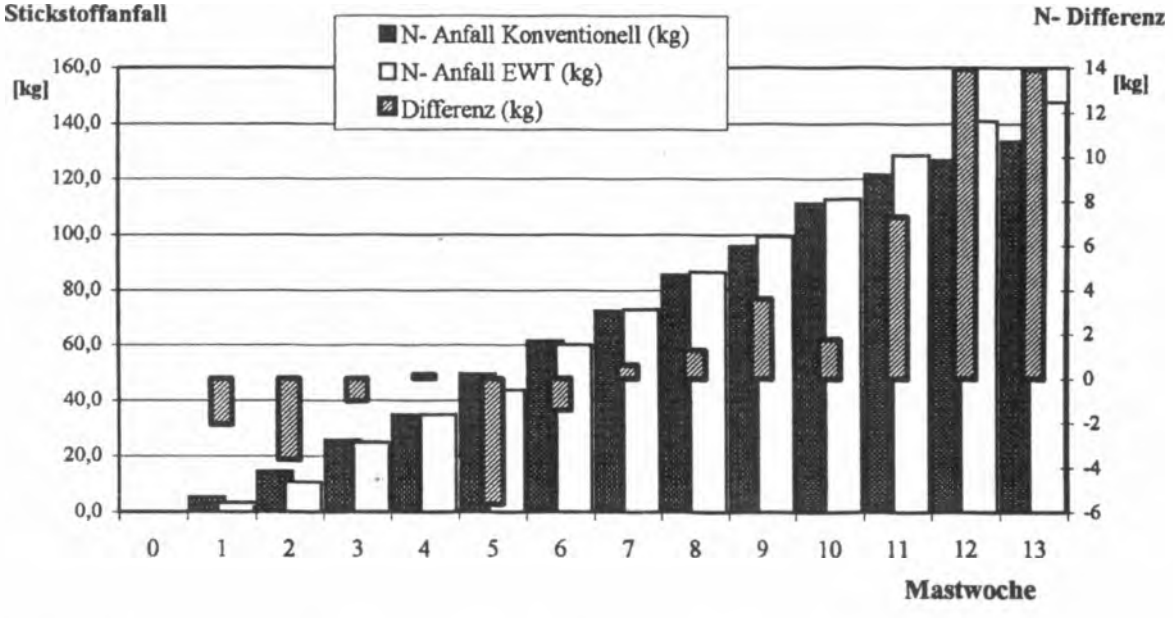


Abb. 6: Stickstoffaustrag in den Flüssigmist des EWT- und des konventionellen Abteils mit Differenzmengen

Die Tiere des EWT-Abteils erhielten im Durchschnitt je Masttier über die Mastdauer hinweg 35,4 kg Rohprotein, was bei 16% Stickstoffgehalt im Rohprotein einem Stickstoffeintrag von 5,7 kg N/Tier und Mastperiode entspricht. Durch das Universalmastfutter wurden im konventionellen Abteil lediglich 30,3 kg Rohprotein eingesetzt, mit 4, 8 kg Stickstoff/Tier und

Mastperiode. Wie aus Abbildung 6 hervorgeht, wirkten sich die in Abbildung 5 deutlich gewordenen Differenzen zwischen der idealen, am Bedarf orientierten Rohproteinkurve der GfE (1987) und den im Betrieb an die Schweine des EWT-Abteils und des konventionellen Abteils verfütterten Proteinmengen als zunehmender Stickstoffaustrag zum Ende der Mast hin aus.

Tab. 1: Analysierte und berechnete Stickstoffausträge

	in den Flüssigmist (kg/Mastschw.)	**in die Luft (kg/Mastschw.)**	**Gesamt (kg/Mastschw.)**
EWT- Abteil	2,87	0,48	3,35
Konv. Abteil	2,52	0,74	3,26

Berücksichtigt man dazuhin die NH_3 -Emissionen, so glichen sich demnach die Unterschiede zwischen den Abteilen in den Nährstoffausträgen wieder aus (Tabelle 1). Diese, trotz nicht konsequenter Multiphasenfütterung, insgesamt niedrigen N-Verluste gehen im wesentlichen auf die in beiden Abteilen sehr gute Futterverwertung zurück (im EWT-Abteil 1:2,77, im konventionellen Abteil 1:2,71).

4 Fazit

Die im Betrieb eingesetzte Technik zur Multiphasenfütterung und der Erdreichwärmetauscher eröffnen einem Schweinemastbetrieb Perspektiven zur Optimierung seiner Produktion unter Umweltgesichtspunkten, aber auch unter betriebswirtschaftlichen Aspekten. Die damit verbundenen Chancen wurden zwar im Erprobungsbetrieb nicht vollständig genutzt, doch läßt sich bereits anhand der bisher gemachten Erfahrungen ableiten, daß beide Techniken ihre Berechtigung in einem intensiv wirtschaftenden Mastbetrieb haben, der damit auch den zukünftigen Umweltauflagen nachkommen will.

5 Literatur

GFE - Ausschuß für bedarfsnormen der gesellschaft für ernährungsphysiologie der haustiere (1987): Schweine. Frankfurt/M.

KECK, M.; W. BÜSCHER; T. JUNGBLUTH (1995):Ammoniakfreisetzung aus der Schweinehaltung. Landtechnik 50, H. 6, S. 374-375

Außenklimaställe für Mastschweine - Untersuchungsergebnisse zu Stallklima, Tierverhalten und Leistungsparametern

BEHNINGER, SUSANNE, BERNHARD HAIDN, HANS SCHÖN

Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Abteilung Bauwesen und Technik in der Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

1 Einleitung

Durch den im nationalen und internationalen Wettbewerb entstehenden Kostendruck sehen sich inzwischen viele Landwirte gezwungen, beim Stallneubau auf teuere, konventionelle Baulösungen zu verzichten. Während in der Rinderhaltung bereits seit Jahren Stallhaltungsformen existieren, die durch die Nutzung von Einfachgebäuden ohne Wärmedämmung und mechanische Lüftung helfen, den Investitionsbedarf zu verringern und dennoch die Ansprüche von Mensch und Tier erfüllen, sind in der Schweinehaltung auf diesem Gebiet erst einige Ansätze zu beobachten.

Bei der Haltung von Mastschweinen in solchen als „Kalt- oder Außenklimaställe" bezeichneten Stallgebäuden müssen die Ansprüche der Tiere an das Stallklima in besonderem Maß berücksichtigt werden. Durch die fehlende Wärmedämmung und die natürliche Lüftung sind die Tiere im tages- und jahreszeitlichen Verlauf ständig Temperaturschwankungen ausgesetzt. Dies hat zur Folge, daß außerhalb des thermoneutralen Temperaturbereichs, der bei Mastschweinen etwa zwischen 16 und 22 °C liegt (BOLDUAN, 1993), die Mechanismen zur Regulierung der Körpertemperatur übermäßig beansprucht werden. Für den Beobachter äußert sich dies zum einen in verändertem Tierverhalten und zum anderen in Leistungsdepressionen. Unterhalb der thermoneutralen Zone liegen die Tiere zunehmend zusammengedrängt, um möglichst wenig Wärme über die Körperoberfläche nach außen zu verlieren. Die Futteraufnahme steigt an, um Energie für die Wärmeproduktion zur Verfügung zu stellen. Noch kritischer zu sehen sind die Temperaturen oberhalb der thermoneutralen Zone. Schweine können aufgrund fehlender Schweißdrüsen nur über die Atemluft Wärme abgeben. Fehlen kühle Standorte zur physikalischen Wärmeabgabe über die Haut, versuchen die Tiere, überschüssige Wärme durch Hecheln loszuwerden. Da bei Muskelarbeit aus Futterenergie Wärme erzeugt wird, bewegen sich die Tiere mit steigender Temperatur immer weniger und reduzieren die Futteraufnahme.

Haltungssysteme für Mastschweine in Außenklimaställen müssen also versuchen, diesen Gesetzmäßigkeiten entgegenzuwirken. Um einen Eindruck über die Funktionalität solcher Stallsysteme zu gewinnen, wurden in verschiedenen Betrieben Untersuchungen zu Stallklimaparametern, Tierverhalten und tierischen Leistungen durchgeführt.

2 Material und Methode

Insgesamt wurden auf fünf Betrieben mit drei verschiedenen Haltungssystemen Messungen durchgeführt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Versuchsbetriebe.

Tab. 1: Versuchsbetriebe

Nr.	Haltungssystem	Mastplätze	Lüftungsvariante
1	Kistenstall	400	Spaceboard
2	Kistenstall	1000	Spaceboard, klimagesteuerte Seitenrollos
3	Schrägbodenstall	48	Windschutznetze, klimagesteuerte Seitenrollos
4	Schrägboden-/Tiefstreustall mit Außenauslauf	80	Trauf-First-Lüftung
5	Tiefstreustall	640	Trauf-First-Lüftung, im Sommer offene Stallseiten

Als Stallklimaparameter wurden in jedem Betrieb die Außen-, Stall- und Kistentemperaturen mittels kabelloser Einkanal-Datalogger und im Betrieb 5 zusätzlich die Tiefen- und Temperaturentwicklung der Mistmatratze mit Hilfe einer an einen Mehrkanal-Datalogger angeschlossenen Meßlanze (20 Pt100-Sensoren im Abstand von 5 cm) erfaßt.

Das Tierverhalten wurde in den Betrieben 4 und 5 mittels Videotechnik aufgezeichnet. Im Betrieb 4 wurde eine mit 7 Tieren belegte Bucht im Schrägbodenstall über zehn Tage im Sommermonat August 1996 vollzeitbeobachtet, wobei drei Tage im Rahmen einer Gruppenbeobachtung ausgewertet wurden. Im Tiefstreustall des Betriebs 5 wurde eine mit 40 Tieren belegte Bucht während der Winterperiode 1995/96 beobachtet, wobei stichprobenhaft vier Tage im Rahmen einer Gruppenbeobachtung ausgewertet und zwei Tage für die Einzeltierbeobachtung herangezogen wurden.

Als Leistungsparameter wurden Futteraufnahme und Tageszunahmen von den Betriebsleitern der Betriebe 2 und 3 aufgezeichnet. Dabei wurde die Futteraufnahme täglich aus der Anzahl der abgerufenen, gewichtsdosierten Futterportionen errechnet und die Tageszunahmen wöchentlich durch Gruppenwiegung bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Stallklima

3.1.1 Stalltemperaturen

Im Außenklimastall folgt die Stalltemperatur - anders als im konventionellen Warmstall - weitgehend der Außentemperatur.

Die in Abbildung 1 oben dargestellte Graphik zeigt den Temperaturverlauf im Kistenstall des Betriebs 1 im Monat Februar 1996. Die Stalltemperatur dieses über Spaceboardwände frei belüfteten Stallgebäudes liegt dabei im Mittel nur um 3,7 K oberhalb der Außentemperatur. Als Dauersituation wären solch niedrige Stalltemperaturen den relativ temperaturempfindlichen Schweinen nicht zuzumuten. Daher muß den Tieren eine alternative Klimazone angeboten werden. Der im genannten Beispiel als wärmeisolierte Holz-Ruhekiste ausgeführte Mikroklimabereich weist mit im Mittel 23,4 °C beinahe Optimalbedingungen auf. Etwas anders als erwartet präsentiert sich die Situation im Monat August 1996. Die Stalltemperatur liegt um 3,0 K über der Außentemperatur und die Ruhekiste, die allgemeinen Angaben zufolge Schatten

und Abkühlung spenden soll, weist mit im Mittel 26,7 °C für die Sommersituation eher ungünstige Bedingungen auf.

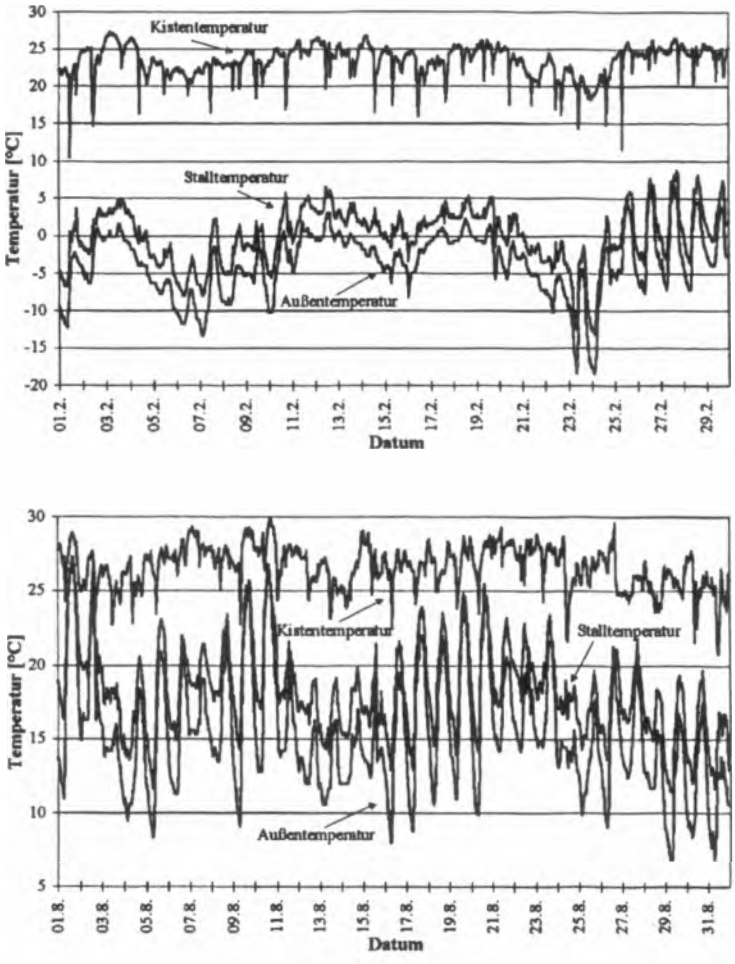


Abb 1: Außen-, Stall- und Kistentemperaturen in einem Außenklimastall für Mastschweine

3.1.2 Temperaturen an der Mistmatratzenoberfläche

Ähnlich problematisch präsentiert sich der Liegebereich in einem anderen Haltungssystem, dem Tiefstreustall. In Abbildung 2 ist die Tiefen- und Temperaturentwicklung der Mistmatratzenoberfläche im Tiefstreustall des Betriebs 5 während der Winterperiode 1995/96 dargestellt.

In dieser mit 40 Tieren belegten, 36 m² großen Bucht mit 80% Strohfläche wächst die Mistmatratze im Lauf der Mastperiode im Mittel auf etwa 60 cm an. Die Temperatur an der Oberfläche, also der Liegefläche der Tiere, beträgt dabei bereits von Anfang an 30 bis 35 °C und kann sogar bis auf 40 °C ansteigen. Dies hat zur Folge, daß eine Abgabe der Körperwärme über die Liegefläche nicht möglich ist, vielmehr im Sommer die Tiere durch die Wärme von unten zusätzlich belastet werden.

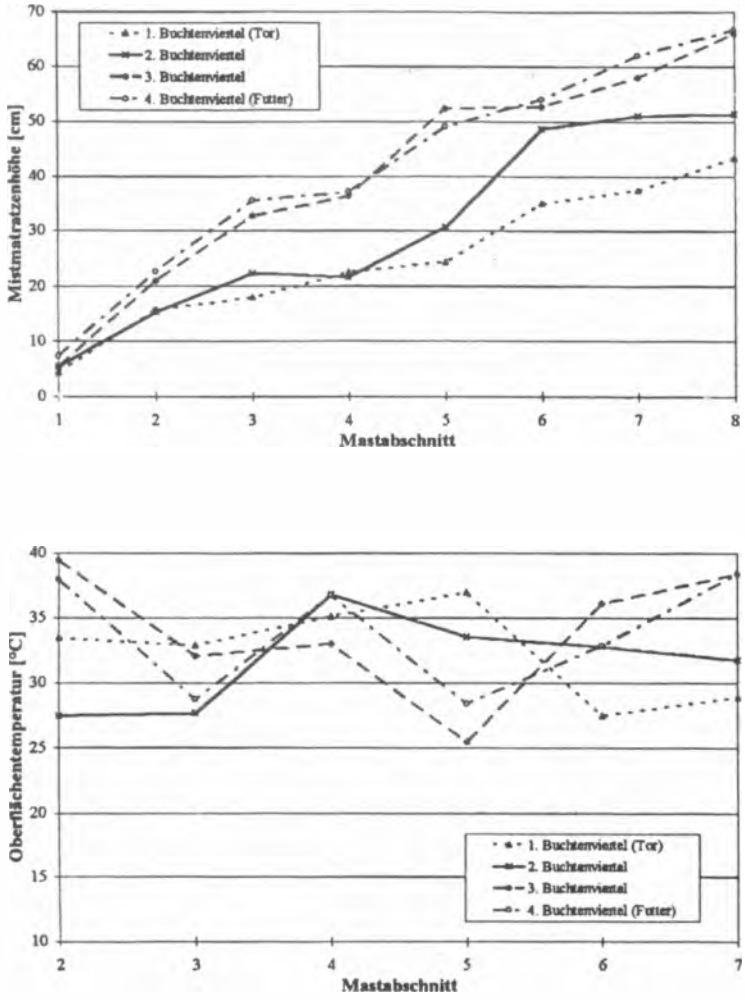


Abb. 2: Entwicklung der Mistmatratzentiefe (oben) und der Temperatur (unten) an der Mistmatratzenoberfläche in einem Tiefstreustall während eines Mastdurchgangs

3.1.3 Regulationsmöglichkeiten

Zur Vermeidung von Hitze- oder Kältestreß gibt es neben baulichen Maßnahmen unterschiedliche technische Möglichkeiten. Beispiele aus der Praxis zeigen, daß im Außenklimastall in erster Linie im Winter Maßnahmen zur Regulation der Stalltemperatur erforderlich sind.

Die in Abbildung 3 als Monatsmittelwerte dargestellten Temperaturkurven machen die Problematik der Wintersituation nochmals deutlich. Durch die getrennten Klimabereiche entsteht ein Temperaturgefälle zwischen dem warmen Mikroklimabereich und dem Stallklima, das im Winter mit einer Differenz im genannten Beispiel (Betrieb 1) von bis zu 23 K besonders stark ausgeprägt ist. Da die Tiere mehrmals täglich die Klimabereiche wechseln, führt dies zu einer hohen Belastung der Atemwege, die sich vielfach in Reizhusten äußert und auf Dauer die Infektionsanfälligkeit erhöht. Besonders davon betroffen sind in der Regel Stallgebäude mit sehr großem Luftvolumen und unverhältnismäßig stark isoliertem Mikroklimabereich.

In diesen Fällen hat sich der Einbau von klimagesteuerten Seitenrollos in Form von Spezialfolien oder Windschutznetzen bisher gut bewährt. Mit Hilfe von Temperatur-, Wind- und Regensensoren werden die Rollos über einen Elektroantrieb automatisch gesteuert, sobald definierte Grenzwerte über- oder unterschritten werden. Abbildung 4 zeigt den

Temperaturverlauf im Kistenstall des Betriebs 2 während eines Vergleichsmonats vor und nach dem Einbau einer solchen Steuerungsanlage.

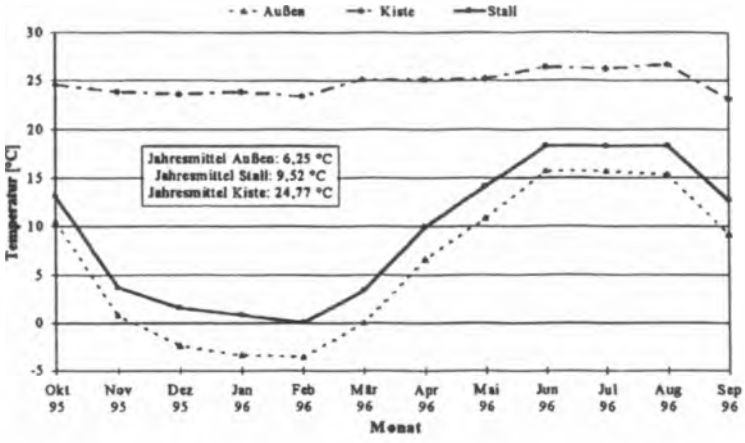


Abb. 3: Jahresverlauf der Temperaturen in einem Außenklimastall für Mastschweine

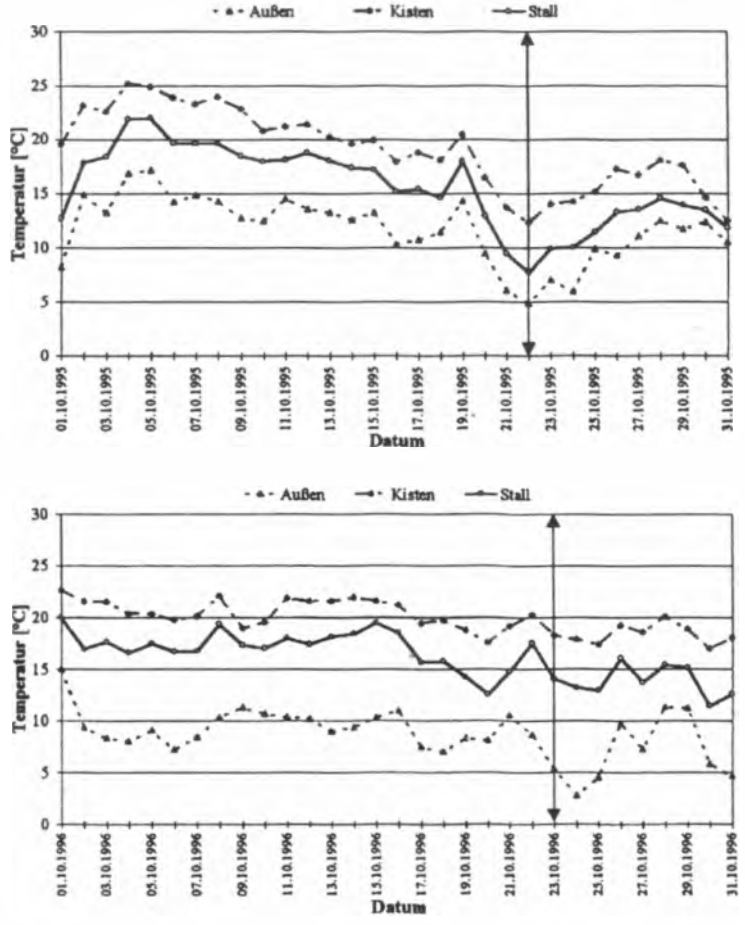


Abb. 4: Temperaturverlauf in einem Außenklimastall ohne (oben) und mit (unten) klimagesteuerten Seitenrollos

Die als Tagesmittel aufgetragenen Temperaturkurven des Monats Oktober der Jahre 1995 und 1996 unterscheiden sich deutlich voneinander. In den Graphiken markieren die eingezeichneten

Pfeile die Außentemperatur beispielhaft bei 5 °C. Während 1995 vor dem Einbau der Rollosteuerung die Differenz zur Stalltemperatur lediglich 2,9 K beträgt, ist 1996 nach dem Einbau der Steuerung eine Differenz von 8,8 K zu verzeichnen. Insgesamt verdoppelt sich die mittlere Temperaturdifferenz zwischen Stall und Außen von 3,9 K im Oktober 1995 auf 7,5 K im Oktober 1996. Weitere Messungen zeigen, daß mit Hilfe der technischen Zusatzeinrichtung das Temperaturgefälle zwischen Kiste, Stall und Außen auch bei extrem niedrigen Außentemperaturen merklich abgemildert wird, so daß oftmals auch das Absinken der Stalltemperatur unter den Gefrierpunkt verhindert werden kann.

Doch auch im Sommer können regulierende Maßnahmen erforderlich sein, wenn die Stalltemperatur über einen längeren Zeitraum hinweg den thermoneutralen Bereich überschreitet. Diese Situation tritt besonders im Tiefstreustall häufig auf, da zusätzlich zur hohen Stalltemperatur von der Mistmatratze Fermentationswärme abgestrahlt wird (vgl. Abbildung 2).

Eine einfache, jedoch effektive Maßnahme ist die Installation einer Schweinedusche in Form einer klimacomputergesteuerten Befeuchtungsanlage. Die Wirkungsweise der Dusche verdeutlicht Abbildung 5.

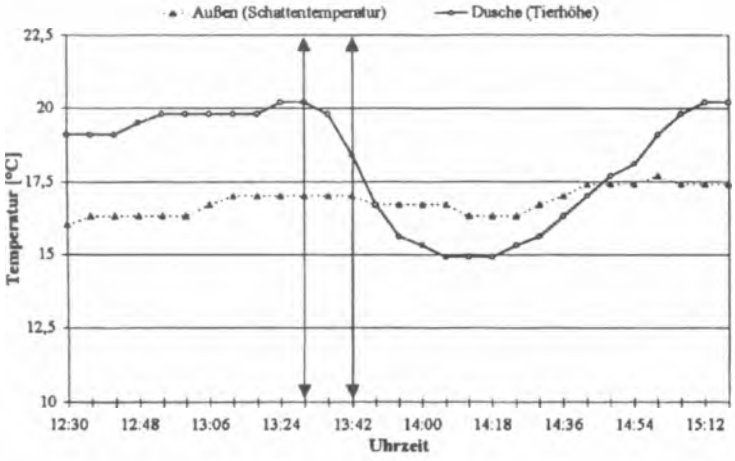


Abb. 5: Wirkungsweise der Schweinedusche

Dieser im Außenauslauf des Betriebs 4 durchgeführte Demonstrationsversuch zeigt, daß sich die Lufttemperatur während und in stärkerem Ausmaß auch noch nach der 12minütigen Vernebelung um etwa 5 K abkühlt. Da zwischen Luft- und Hauttemperatur bei Schweinen ein fast linearer Zusammenhang nachgewiesen ist, finden die Tiere über einen Zeitraum von etwa einer Stunde ab Duschbeginn Abkühlung zunächst direkt durch die Verdunstung der Wassertröpfchen auf der Haut und anschließend über die abgekühlte Umgebungsluft. Vergleichsversuche an der FAL Braunschweig-Völkenrode ergaben bei „geduschten" Tieren einen niedrigeren Anteil hechelnder Tiere und eine vergleichsweise höhere Mastleistung (HESSE, 1995, HESSE ET AL., 1993).

3.2 Tierverhalten

Das Tierverhalten ist ein empfindlicher Indikator für Einflüsse aus der Haltungsumwelt. Daher spiegeln sich auch suboptimale Stallklimabedingungen in verändertem Verhalten wieder.

So können zum Beispiel anhand der Häufigkeit von Körperpositionen Rückschlüsse auf das Wohlbefinden gezogen werden. Im Zustand der Ruhe kann nach VAN PUTTEN (1978) die Seitenlage als das Stadium mit der maximalen Entspannung angesehen werden, wohingegen die Bauchlage vermehrt eingenommen wird, wenn den Tieren zu kalt oder aus anderen Gründen unwohl ist. Diesen Zusammenhang bestätigen die im Tiefstreustall des Betriebs 5 ermittelten Korrelationskoeffizienten zwischen der Stalltemperatur und den Körperpositionen „Seitenlage" und „Bauchlage": $r_{(T,SL)} = -0,47$ und $r_{(T,BL)} = +0,30$ (SCHUCH, 1996).

Einen weiteren Anhaltspunkt liefert die Aufenthaltshäufigkeit der Tiere in den einzelnen Buchtenbereichen. In Kapitel 2.2 wurde die Oberflächentemperatur der Mistmatratze in Betrieb 5 graphisch dargestellt. Sie liegt während der gesamten Mastdauer im Mittel zwischen 30 und 35 °C, also oberhalb des thermoneutralen Bereichs. Die in der Bucht gehaltenen Schweine reagierten, indem sie kühlere Standorte innerhalb der Bucht aufsuchten. Im untersuchten Stall war dies die planbefestigte Fläche des Freßbereichs. Letzterer war mit 18,2% der am stärksten frequentierte Buchtenbereich und wurde, bezogen auf die zur Verfügung stehende Fläche, beinahe ebenso häufig zum Liegen genutzt wie der von den Tieren im hinteren Buchtenteil angelegte Liegebereich. Auch HESSE ET AL. (1993) fanden in ihren Versuchen im Tiefstreustall dieses Verhalten vor.

Die Beobachtungen im Schrägbodenstall des Betriebs 4 im Sommer 1996 zeigten, daß die Tiere bei Stalltemperaturen zwischen 25 und 30 °C, überwiegend frei in der Bucht liegen und Hautkontakt meiden, sich bei unter 20 °C abfallenden Temperaturen aber zum Ruhen mehrheitlich in den Bereich unter die Liegeflächenabdeckung begeben. In den Nachmittagstunden, bei Temperaturen zwischen 27 und 30 °C, ruhten die Tiere überwiegend in Bauchlage oder auch im Sitzen. Generell war wesentlich häufiger als im Tiefstreustall die Bauchlage als Ruheposition, verbunden mit häufigem Wechseln des Ruheplatzes zu beobachten.

Trotz der Stallklimaeinflüsse konnte in beiden Ställen eine ausgeprägte Tagesrhythmik mit einer Hauptruhephase nachts und einer etwas kürzeren Ruhephase mittags festgestellt werden. Die Hauptaktivitätsphase lag in den Nachmittagsstunden sowie etwas weniger ausgeprägt am frühen Vormittag. Das Vorhandensein einer normalen Tagesrhythmik läßt auf weitgehend adäquate Haltungsbedingungen und ein Mindestmaß an Wohlbefinden schließen. Durch die baulich vorgegebene Raumstrukturierung - insbesondere bei den Verfahren mit abgedecktem Liegebereich, aber auch bei der Haltung auf Tiefstreu durch den hochgelegten, planbefestigten Freßbereich - sind die Tiere in der Lage, den ihren Bedürfnissen entsprechenden Aufenthaltsort frei zu wählen.

3.3 Leistungsparameter

3.3.1 Futteraufnahme

Werden die Mechanismen der Thermoregulation dauerhaft überfordert, äußert sich dies in Leistungseinbußen. Gerade in frei belüfteten Außenklimaställen mit, wie oben beschrieben, tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen bleiben längere Hitze- oder Kälteperioden nicht ohne Folgen.

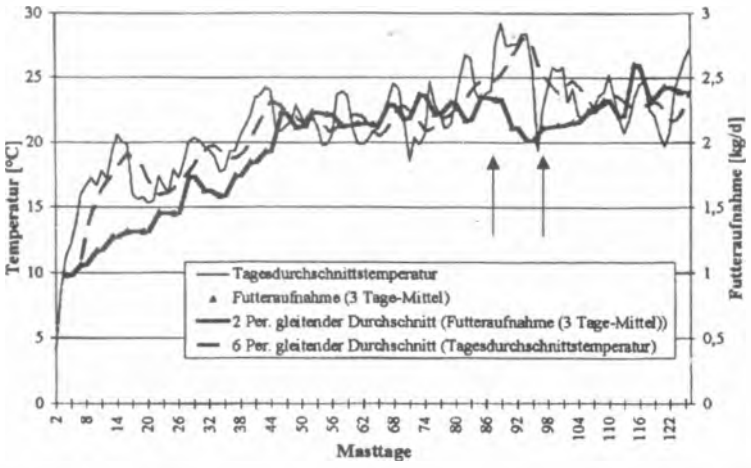


Abb. 6: Futteraufnahme und Stalltemperatur in einem Außenklimastall für Mastschweine

Die in Abbildung 6 dargestellte Graphik zeigt den Verlauf der Temperatur und der Futteraufnahme im Kistenstall des Betriebs 2 während des Mastdurchgangs im Frühsommer 1996. Der als „Durchschnittstemperatur" angegebene Temperaturverlauf ist dabei als arithmetisches Mittel aus Stall- und Kistentemperatur zu verstehen. Es ist deutlich zu erkennen, daß sich die Temperatur und die Futteraufnahme weitgehend gegenläufig verhalten. Der Bereich zwischen den beiden Pfeilen markiert die stärkste Leistungsdepression während einer Periode mit Temperaturen über 25 °C. Aus der Graphik geht allerdings auch hervor, daß der Rückgang der Futteraufnahme stets zeitlich begrenzt und nicht allzu gravierend ist. Dies könnte unter anderem auf die puffernde Wirkung der zwei getrennten Klimazonen zurückgeführt werden.

3.3.2 Tageszunahmen

Da zwischen Futteraufnahme und Tageszunahmen ein direkter Zusammenhang besteht, werden auch die Tageszunahmen bei Hitze- oder Kältestreß negativ beeinflußt. Abbildung 7 vermittelt tendenziell einen Eindruck von der Wirkung tiefer Stalltemperaturen auf die Mastleistung.

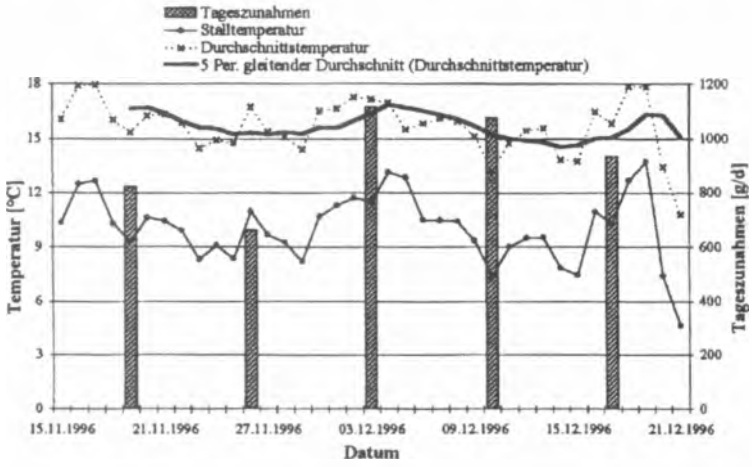


Abb. 7: Tageszunahmen und Stalltemperatur in einem Außenklimastall für Mastschweine

Dargestellt sind die im Schrägbodenstall des Betriebs 4 erhobenen Tageszunahmen und der Verlauf der Stalltemperatur sowie der „Durchschnittstemperatur" als arithmetischem Mittel aus Stall- und Kistentemperatur. Obwohl die Daten nur wöchentlich erhoben wurden, läßt sich dennoch tendenziell ein Zusammenhang zwischen Tageszunahmen und Temperaturverlauf feststellen. Allerdings zeigen die in den untersuchten Betrieben erreichten mittleren Tageszunahmen von 650 bis 760 g/Tag, daß auch im Außenklimastall trotz stallklimatischer Einflüsse durchaus hohe Leistungen erzielbar sind.

4 Zusammenfassung

Im Außenklimastall folgt die Stalltemperatur sehr eng dem Verlauf der Außentemperatur. Damit die Thermoregulationsmechanismen der Schweine nicht übermäßig beansprucht werden, müssen die Tiere zwei getrennte Klimabereiche zur Verfügung haben. Der warme Mikroklimabereich kann indes bei sommerlichen Temperaturen zu Problemen führen. Hohe Kistentemperaturen bzw. hohe Temperaturen an der Mistmatratzenoberfläche hindern die Tiere an der Wärmeabgabe, so daß regulierende Maßnahmen wie z.B. das Duschen der Schweine erforderlich sein können. Zum Ausgleich großer Temperaturgefälle, wie sie im Winter auftreten, haben sich klimagesteuerte Rollos an den „offenen" Stallseiten als vorteilhaft erwiesen.

Klimaregulierende Maßnahmen tragen auch dazu bei, ungünstige Einflüsse des Stallklimas auf das Tierverhalten und die tierische Leistung abzumildern. Dennoch führen längere Hitze- und Kälteperioden zu verändertem Tierverhalten und einem zeitlich begrenzten Abfall der insgesamt jedoch guten Leistung.

5 Literatur

BOLDUAN, G. (1993): Hitzestreß: So halten Sie Ihre Schweine fit, top agrar 7, S. 14-16

HESSE, D. (1995): Vortragsunterlagen des Kolloquiums „Vergleich und Entwicklung von Mastschweinehaltungsverfahren unter besonderer Berücksichtigung von Tier- und Umweltschutz" am 05.12.1995, FAL Braunschweig-Völkenrode

HESSE, D., KUKOSCHKE, B., SCHLICHTING, M.C. (1993): Verhalten von Mastschweinen in drei unterschiedlichen Einstreuhaltungsverfahren, in: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1992, KTBL-Schrift 356, S. 177-189

PUTTEN, G. VAN (1978): Spezielle Ethologie, in: SAMBRAUS, H.H.: Nutztierethologie, Paul Parey, Berlin, S. 168-213

SCHUCH, S.A. (1996): Das Verhalten von Mastschweinen in einem Tieflaufstall unter besonderer Berücksichtigung von Stallklimakenndaten und Stallarbeiten, Diplomarbeit am Institut für Landtechnik der Technischen Universität München-Weihenstephan

Weiterentwicklung von Mastschweinehaltungsverfahren mit und ohne Einstreu, im Hinblick auf Tier und Umweltschutz

HESSE, DIRK[1]; FRANK ZERBE[2]; HEINRICH MANNEBECK;[3] DOROTHEE HOLSTE[3]

[1] Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

[2] Institut für Tierzucht und Tierverhalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institutsteil Trenthorst / Wulmenau; 23847 Westerau

[3] Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel; Olshausenstr. 40-60; D-24098 Kiel

1 Problem- und Aufgabenstellung

Der bisherige Stand des Wissens ließ vermuten, daß insbesondere zwischen den Ansprüchen von Tier und Umwelt sowohl positive wie aber auch negative Wechselwirkungen bestehen. Dazu fehlten jedoch bisher umfassende interdisziplinäre Untersuchungen, bei denen die verschiedenen Aspekte an ein und demselben Untersuchungsobjekt durchgeführt wurden. Besonderer Wert muß hierbei auf die vergleichbaren Rahmenbedingungen gelegt werden.

Daher wurde als Aufgabe gestellt, zunächst herkömmliche mit neueren Strohverfahren zu vergleichen (Durchgang 1) um dann herkömmliche mit neuen Gülleverfahren zu untersuchen (Durchgang 2). Aus den hierbei gesammelten Erkenntnissen sollten dann, wenn möglich, aus Sicht des Tier- und Umweltschutzes je eine relativ optimale Stroh- und Güllevariante entwickelt und untersucht werden (Durchgang 3). Die Durchgänge 1-3 wurden mit reinrassigen DL-Börgen und mit in der FAL erzeugtem Futter gefahren. In den Jahren 1996/97 sollen im Durchgang 4 die Verfahren des Durchganges 3 mit praxisüblicher Mastrasse (Deutsche Pig) und praxisüblichem Futter (RCG-Münster) auf ihre Praxistauglichkeit hin untersucht werden.

2 Material und Methode

Unter der Federführung des Institutes für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL wurden in den Jahren 1992 - 95 insgesamt 9 unterschiedliche Mastschweinehaltungsverfahren in einer von insgesamt 14 Instituten getragenen interdisziplinären Untersuchungsserie untersucht [1].

Um vergleichende Aussagen machen zu können, wurde größter Wert auf exakt vergleichbare Rahmenbedingungen gelegt. Alle Versuche wurden von ein und dem selben Tierpfleger betreut, um so den Betreuereinfluß, der in der Regel die größte Wirkung auf die Funktionssicherheit des jeweiligen Systems hat, auszuschließen. Auch wurden die Untersuchungsserien der Durchgänge 1-4 in jeweils denselben Jahresabschnitten durchgeführt, da sich der Einfluß der Jahreszeit auf Kriterien wie Zunahmen, Tierverhalten oder Schadgasentwicklung als absolut wesentlich erwies.

2.1 Versuchsanlage

Ziel des Projektes war die Erforschung der Wirkung der Haltungsverfahren auf Tier und Umwelt sowie Mensch und Ökonomie. Zu diesem Zweck wurden die Verfahren jeweils verfahrenstypisch aufgebaut und gemanagt. Alle verfahrensunabhängigen Faktoren wurden jedoch gleich gestaltet.

Um vergleichbare äußere Rahmenbedingungen zu schaffen, sind zunächst sechs Haltungssysteme in zwei Versuchsreihen (A = 1992/93 und B = 1993/94) mit jeweils drei im gleichen Jahresabschnitt gelegenen Durchgängen nacheinander, innerhalb eines Gebäudes in drei identischen Kammern untersucht worden (Abb. 01). So war es möglich, alle sechs Haltungssysteme unter den gleichen klimatischen Bedingungen zu untersuchen.

In allen Versuchen wurden Tiere der gleichen Rasse (DL), des gleichen Geschlechts (Börge) und des gleichen Gewichtsabschnittes (ca. 25-105 kg) eingesetzt. Die Futterzusammensetzung, das Fütterungsverfahren, die Anzahl Tiere pro Bucht und das Tier / Freßplatzverhältnis war ebenfalls in allen sechs Haltungssystemen identisch. In jeder der Versuchsreihen wurde jeweils ein in der Praxis verbreitetes System (Referenzsystem) mit neueren Haltungssystemen verglichen.

2.2 Untersuchte Verfahren

Die Verfahren der Durchgänge 1 und 2 sind bereits an anderer Stelle ausführlich beschrieben worden und sollen daher hier nur kurz angesprochen werden [1].

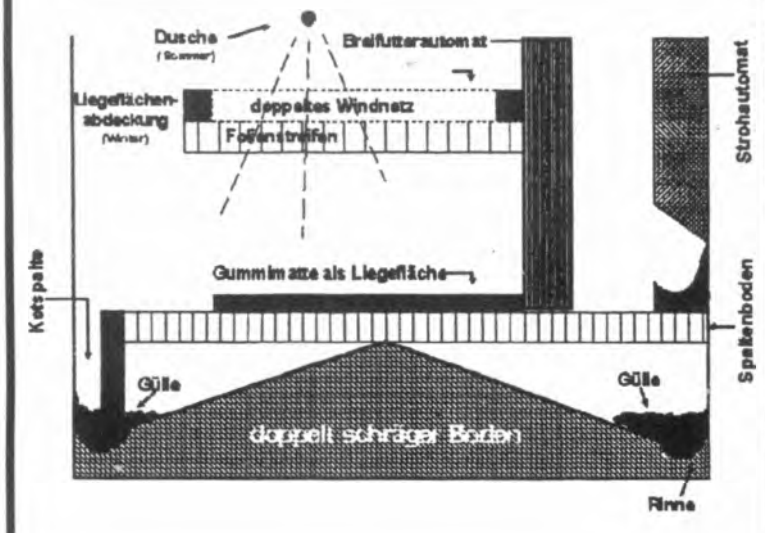
Versuchsdurchgang 1 (1992/93): Es wurden die Einstreusysteme ***Tiefstreu, Kompost*** und ***Schrägmist*** untersucht. In der Tiefstreu wurde Langstroh verwendet, während im Kompost „Finfeeds" Feinstroh (1-2 cm Länge) und im Schrägmist Stroh einer Länge von 5-15 cm zum Einsatz kam. Allen Tieren stand eine Bodenfläche von 1 m^2/Tier zur Verfügung.

Versuchsdurchgang 2 (1993/94): In diesem Durchgang wurden zwei Spaltenbodensysteme mit einer weiterentwickelten Schrägmistvariante verglichen. Im konventionellen ***Vollspalten*** (0,7 m^2/Tier) diente eine frei hängende Kette als Beschäftigungsmöglichkeit. Beim ***Teilspalten 1*** (0,85 m^2/Tier) wurde die geschlossene Fläche in der Mitte der Bucht angeordnet und leicht gewölbt [2]. Ein Strohautomat, bestehend aus einem 5*5cm Knotengitter und einer Auffangschale, ermöglichte den Tieren die Beschäftigung mit Stroh. Der ***Schrägmist 2*** (1 m^2/Tier) entsprach im wesentlichen dem des Versuchsdurchganges 1. Aufgrund der Erfahrungen des Vorjahres kamen dieses mal Häckselstroh (2-10 cm) und im Sommer eine teilautomatisierte Dusche zum Einsatz.

Aufgrund der gesammelten Erkenntnisse dieser beiden Durchgänge wurden ein aus Sicht von Tier und Umwelt optimiertes Stroh- und ein Gülleverfahren entwickelt. Desweiteren sollte eine mit einer Dusche ausgestattete Tiefstreu unter Praxisbedingungen untersucht werden.

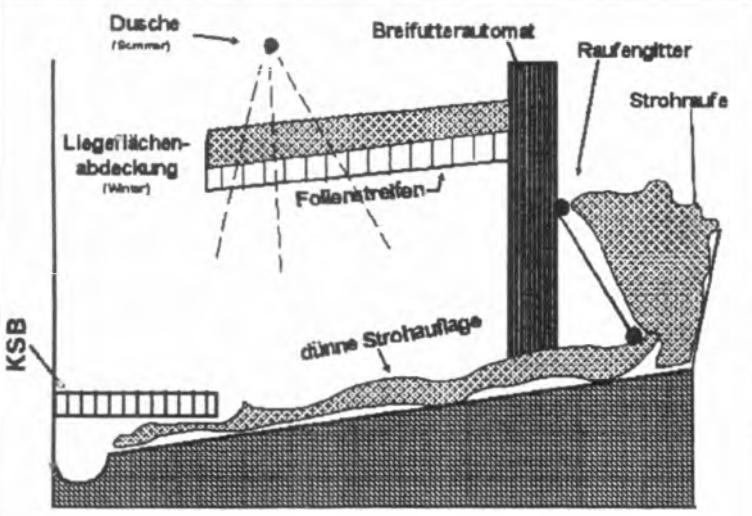
Versuchsdurchgang 3 (1995): In allen Buchten wurde die Bodenfläche pro Tier in Abhängigkeit vom Gewicht angepaßt. D.h. den Tieren standen im Gewichtsabschnitt von ca. 25-50kg etwa 0,55m^2/Tier und im Abschnitt von 50-105kg etwa 1,00m^2/Tier zur Verfügung. In diesem Durchgang wurde außerdem in allen Versuchsbuchten im Sommer eine Dusche eingesetzt, die über einen Klimacomputer gesteuert wurde und dadurch, in Abhängigkeit vom Masttag nur beim Erreichen bestimmter Stallinnentemperaturen zum Einsatz kam.

Die neuen Buchten sollen zur Verdeutlichung in der Seitenansicht dargestellt werden.



- Liegefläche:
  Gummimatte, in Eisen gefaßt und demontierbar
- Mistbereich:
  Betonspalten mit Kotschlitz an der Wand
- Beschäftigung:
  Strohautomat; 5*5cm Knotengitter mit Auffangschale (Langstroh)
- Thermoregulation:
  Winter:
  Liegeflächenabdeckung aus Windnetzen. Sommer:
  Dusche im Liegebereich

Abb. 1: Teilspalten 2 „Inselbucht" als Seitenansicht. Die Bucht war ca. 3,6m lang und ca. 2,8m breit.



- Liegefläche:
  Beton mit Strohauflage
- Mistbereich:
  Kunststoffspalten, darunter schräger Boden zur schnellen Harnableitung
- Beschäftigung:
  Strohraufe mit Kurzstroh
- Thermoregulation:
  Winter:
  Liegeflächenabdeckung aus Stroh. Sommer:
  Dusche im Liegebereich

Abb. 2: Schrägmist 3 als Seitenansicht. Die Bucht war ca. 3,6m lang und ca. 2,8m breit.

Im ***Teilspalten 2*** wurde eine Liegeflächenabdeckung eingebracht [4], um eine Emissionsminderung durch niedrigere Stalltemperaturen zu erreichen. Die Liegefläche wurde herausnehmbar gestaltet, um sie bei Bedarf (Nutzung als Mistfläche) auch entfernen zu können. Die Kotspalte sollte eine sauberere Spaltenbodenoberfläche ermöglichen [5]. Unterhalb des Spaltenbodens sollte der doppelt geneigte Boden [5] eine Verringerung der Gülleoberfläche und damit niedrigere Emissionen bewirken. In das Knotengitter des Strohautomaten wurden zwei Öffnungen von 5*10cm eingebracht um den Strohverbrauch und damit den Beschäftigungsanreiz zu erhöhen.

Im ***Schrägmist 3*** kam ebenfalls geschnittenes Stroh zum Einsatz. Die Mistfläche an der Talseite war zur schnellen Kot-Harn-Separierung [7, 8] durch Spaltenbodenelemente aus Kunststoff abgedeckt.

Das nur leicht abgewandelte ***Tiefstreusystem*** (0,55/1,00 m^2 pro Tier) glich im wesentlichen dem des ersten Versuchsdurchganges. Eingestreut wurde jedoch nur zweimal wöchentlich durch Einbringen von Strohballen in die Buchtenmitte.

3 Ausgewählte Ergebnisse

3.1 Aspekte zum Tier

In den ***Tiefstreuvarianten*** wurde das Wühlen als das am häufigsten aufgetretene Verhaltensmuster beobachtet. Bei der Betrachtung der relativen Häufigkeiten der Verhaltensmuster fällt auf, daß die Häufigkeit des Wühlens in den ***Tiefstreusystemen*** vergleichbar mit der Häufigkeit der Beschäftigung mit Stroh in den ***Schrägmistsystemen 1-3*** ist. Gleichzeitig kam es in den untersuchten Varianten zu einem deutlich erhöhten Klauenwachstum, bedingt durch fehlende Abriebmöglichkeiten. Daraus resultierten in vielen Fällen Gliedmaßenfehlstellungen bis hin zu hochgradig ausgeprägten Lahmheiten der Tiere. Vermutlich war durch die geringe Reizanflutung und das geringere Platzangebot im ***Vollspalten*** die Beschäftigung mit dem Sozialpartner ausgeprägter als in den anderen Haltungsverfahren. Hier trat in den beiden Durchgängen Schwanz- und in dem dritten Durchgang Ohrbeißen auf. In den anderen Haltungsverfahren, auch dem ***Teilspalten 1***, stand den Tieren Stroh in unterschiedlicher Art und Menge zur Verfügung. Im ***Teilspalten 2*** konnte weder Ohr- noch Schwanzbeißen beobachtet werden.

Das Sitzen konnte in den beiden ***Teilspaltenvarianten 1 und 2*** mit einem Anteil von etwa 2% und in den ***Schrägmistvarianten 1-3*** mit einem Anteil von etwa 2% beobachtet werden. Im ***Vollspalten*** konnten jedoch mit bis zu 3% ein eher „teilnahmsloses" Sitzen festgestellt werden. In der ***Tiefstreu*** wurden mit bis 5% (signifikant) sitzende Tiere notiert, welche sich oft mit dem Stroh beschäftigten, oder wahrscheinlich zur besseren Thermoregulation das Liegen mieden.

Das Stehen konnte, unabhängig von Haltungsverfahren oder Flächengröße, zwischen 6 und 12% beobachtet werden. Dies bedeutet, daß die in einigen Verfahren den Tieren zur Verfügung stehende größere Buchtenfläche nicht zu mehr Bewegung genutzt wurde. Das Liegen erfolgte zumeist in Seiten- oder Schräglage, seltener in der Brustbeinlage, wobei in der Tiefstreu tendenziell mehr Seitenlage festgestellt werden konnten.

Zwischen den Verfahren zeigten sich jedoch Unterschiede in der Nutzung des Raumes durch die Tiere. Abgesehen von wenigen Tagen lebten die Tiere eine Raumstruktur. D.h. obwohl in den ***Tiefstreuvarianten*** und dem ***Vollspalten*** keine bauliche Raumstruktur vorgegeben war, unterschieden die Tiere weitgehend zwischen Liege- und Mistbereich. Besonders interessant erscheint, daß die Gummimatte des ***Teilspalten 2*** bevorzugt von den Tieren angenommen wurde, und dies, offensichtlich durch die Dusche mitbewirkt, auch im Sommer.

Die verschiedenen Verfahren hatten offensichtlich auch eine Wirkung auf das Futteraufnahmevermögen der Tiere und damit auch auf die Höhe der täglichen Zunahmen.

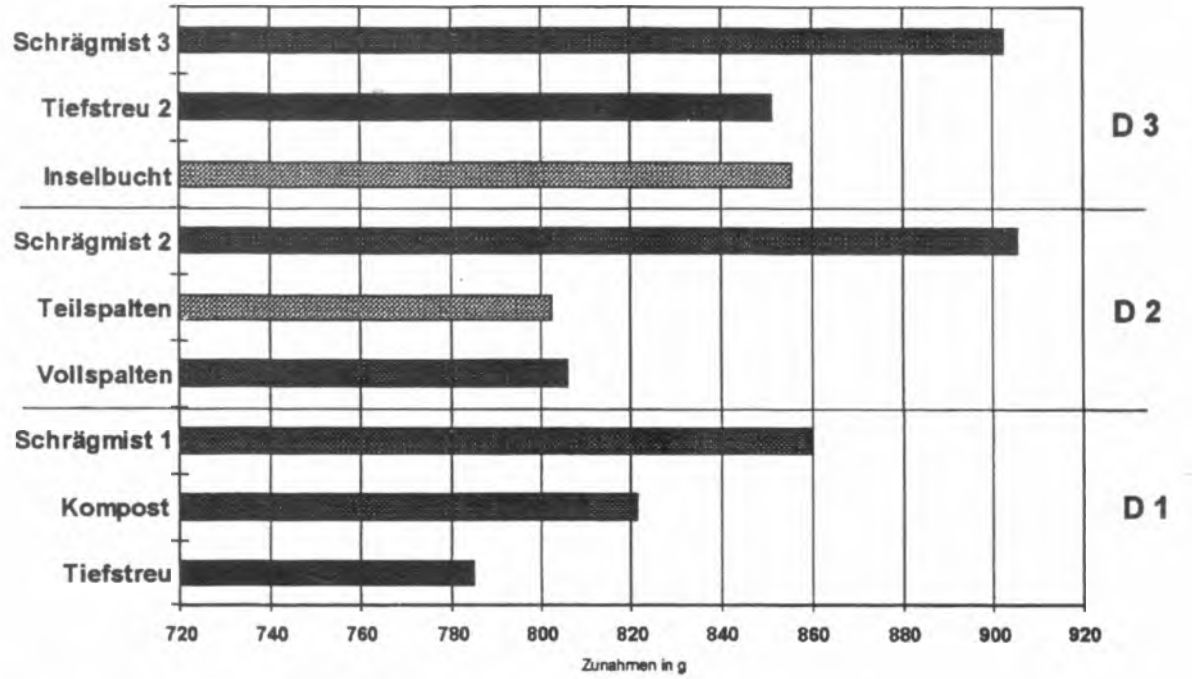


Abb. 3: Tierleistung in Abhängigkeit von den verschiedenen Haltungsverfahren am Beispiel der jeweiligen Sommer- und Herbstdurchgänge

Im Durchgang 1 erwies sich die Temperaturbelastung der Schweine als maßgeblicher Faktor. Diese war in der ***Tiefstreu*** (warme Matratze) am höchsten und im ***Schrägmist*** (kühler Betonboden bzw. naße Mistfläche) am niedrigsten. In Durchgang 2 dürfte insbesondere die relativ kleinere Fläche zu geringeren Zunahmen geführt haben. Beim ***Schrägmist*** führte die Dusche zu einer deutlichen thermoregulatorischen Entlastung, welche entsprechend höhere Futteraufnahmen ermöglichte.

Im Durchgang 3 war im ***Schrägmist*** lediglich eine Kunststoffspaltenboden eingebracht worden, dieser bewirkte in Sachen Tierleistung offensichtlich keine Effekte. Der Unterschied zwischen ***Tiefstreu 1 und 2*** besteht im wesentlichen in der Dusche, welche wie auch beim Schrägmist Steigerungen in den täglichen Zunahmen von über 60g ermöglichte. Im ***Teilspalten 2 „Inselbucht"*** zeigten sich ebenfalls höhere Tierleistungen, welche u.a. mit der Dusche erklärt werden können.

3.2 Aspekte zu Ammoniak und Geruch

Arbeiten von Hartung oder Verdoes zeigten einen Zusammenhang zwischen der Größe einer emittierenden Fläche und der Höhe der Schadgasabgabe auf. Dies konnte in Durchgang 2 anhand der Verfahren ***Vollspalten*** und ***Teilspalten 1*** ebenfalls nachgewiesen werden. In Beiden betrug die Gülleoberfläche 0,7m² je Tier. Im ***Teilspalten 1*** stand den Tieren jedoch ein um 0,15m² höherer Bewegungsraum zur Verfügung. Dieser bewirkte, insbesondere zu Anfang der Mast, eine um ca. 0,03m² pro Tier größere emittierende Fläche. Dadurch wurden im ***Teilspalten 1*** ca. 17gNH3/kg Lmz und ca. 47GE/GV/s emittiert, wogegen beim Vollspalten lediglich ca. 13g NH3/kg Lmz und ca. 39 GE/GV/s entwichen (siehe Tabelle 1, Zeile E u. F).

Im Durchgang 3 sollte jedem Tier in der Endmastphase etwa 1m² Fläche zur Verfügung stehen. Dies sollte jedoch nicht mit einer Vergrößerung emittierender Flächen erkauft werden. In Praxisbetrieben wird eine Bucht bis zum Durchschnittsgewicht von ca. 55kg mit doppelter Tierzahl belegt. Dieses System wurde ohne Veränderung der Tierzahl erreicht, indem bis zum Erreichen von ca. 55kg Lebendgewicht eine Trennwand eingebaut wurde, welche die Fläche

auf 0,55m²/Tier beschränkte. Im Mittel einer Mastperiode standen jedem Tier etwa 0,81m² zur Verfügung. Wie Tabelle 1 zeigt, hatte dies entsprechende Konsequenzen.

Tab. 1: Geruchsemissionen verschiedener Verfahren in den Herbst- und Frühjahrdurchgängen

Zeile	Durchgang Jahr	Verfahren	GE/GV/s Mastanfang	GE/GV/s Mastende	GE/GV/s Mittelwert
D	**2 / 1**	**Vollspalten**	66	18	39
E	**1993**	**Teilspalten 1**	96	20	47
F		**Schrägmist 2**	44	23	32
G	**3 / 1**	**Teilspalten 2**	43	16	32
H	**1995**	**Tiefstreu 2**	31	8	22
I		**Schrägmist 3**	24	12	20

Sowohl ***Teilspalten 2*** als auch ***Schrägmist 3*** wiesen zu Beginn der Mast Geruchsemissionen auf, welche etwa die Hälfte niedriger ausfielen, als bei den vergleichbaren Systemen des Durchganges 2. Die Unterschiede zwischen ***Voll- und Teilspalten 1*** lassen sich, wie oben beschrieben, ebenfalls in Bezug zur Größe der emittierenden Fläche bringen. Desweiteren fällt auf, daß die Emissionen pro GV zu Mastanfang 2-3 mal so hoch liegen als zu Mastende.

Beim Geruch sollte jedoch mehr der Qualität als der Quantität Beachtung geschenkt werden. Hier scheinen eingestreute Verfahren Vorteile gegenüber nicht eingestreuten Verfahren zu haben. Dem soll in der laufenden Untersuchung nachgegangen werden.

Die Wirkung der durch die Trennwände reduzierten emittierenden Oberfläche läßt sich auch beim Ammoniak aufzeigen, wie Abbildung 3 zeigen wird. Hier sind die Verfahren ***Tiefstreu 2, Teilspalten 2 und Schrägmist 3*** gemeint. Nach relativ hohen Ammoniakkonzentrationen in der Eingewöhnungsphase sinken diese deutlich. Erst nach dem Entfernen der Trennwände, etwa nach der 12 Messung, steigen sie wieder deutlich um fast 200%, an.

Anhand der Verfahren ***Tiefstreu 1 und 2*** läßt sich die Wirkung eines veränderten Managements analysieren. Beide Verfahren wurden gleich geführt, auch die eingesetzte Strohmenge war mit ca. 800 Gramm je Tier und Tag gleich. Der wesentliche Unterschied bestand darin, daß bei Tiefstreu 1 das Stroh täglich über die emittierenden Flächen verteilt wurde, während in Tiefstreu 2 die gleiche Menge Stroh nur zweimal pro Woche im Vorrat in der Mitte der Bucht abgelegt wurde. Wobei übrigens die Messungen 16, 18 und 20 unmittelbar nach der Strohgabe erfolgten. Die Messungen 17, 19, 21 und folgende am Tag vor der Strohgabe erfolgten.

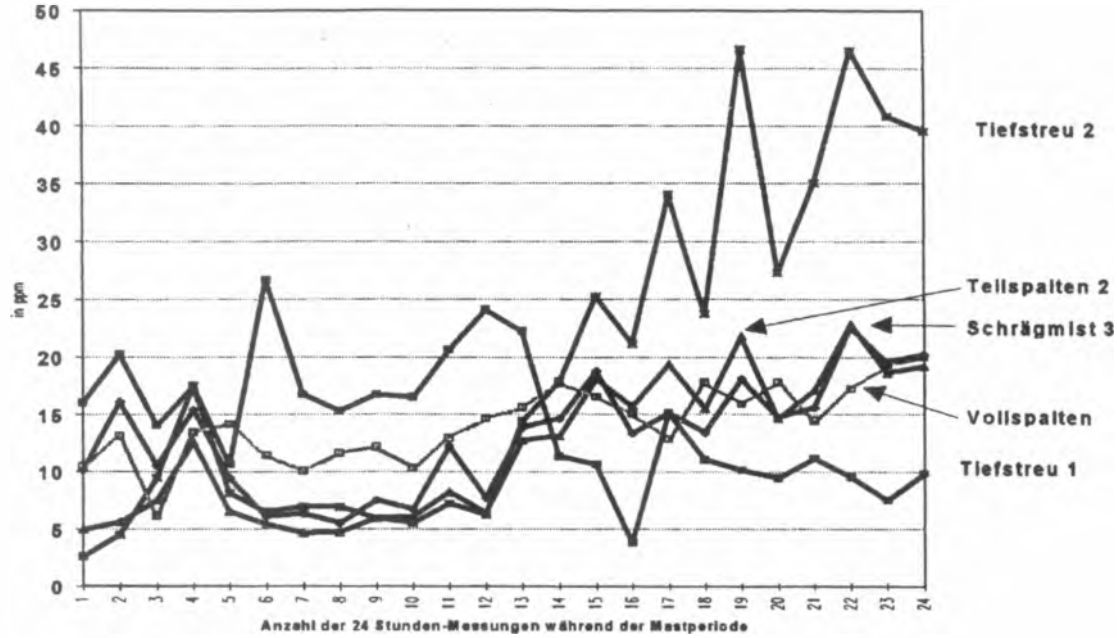


Abb. 4: Verlauf der Ammoniakkonzentrationen bei verschiedenen Haltungsverfahren während der Herbstperiode

Im Folgenden soll auf die unterschiedlichen NH3-Konzentrationen und Emissionen eingegangen werden.

Tab. 2: Konzentrationen und Emissionen von Ammoniak, am Beispiel der Herbstdurchgänge

Zeile	Durchgang Jahr	Verfahren	g/nh3 pro Tag	Lmz pro Tag	g pro kg Lmz
A	**1**	**Tiefstreu 1**	10,0	0,822	12,2
B	**1992/93**	**Kompost**	13,1	0,863	15,2
C		**Schrägmist 1**	10,7	0,895	12,0
D	**2**	**Vollspalten**	9,3	0,850	10,9
E	**1993/94**	**Teilspalten 1**	15,5	0,881	17,6
F		**Schrägmist 2**	9,1	0,943	9,7
G	**3**	**Teilspalten 2**	9,3	0,907	10,3
H	**1994/95**	**Tiefstreu 2**	14,4	0,927	15,5
I		**Schrägmist 3**	8,6	0,959	9,0

Wie bereits schon ausgeführt [1] und auch von Ratschow [9] gefordert, sollten Schadgasemissionen von Schweinen auf das erzeugte Produkt bezogen werden. Unter

Einbeziehung der Tierleistung erweisen sich die Verfahren ***Vollspalten*** und ***Teilspalten 2*** sowie ***Schrägmist 2 oder 3*** als relativ vorzüglich. Insbesondere der ***Teilspalten 1*** aber auch eine auf Vorrat eingestreute ***Tiefstreu 2*** sowie der untersuchte ***Kompost*** erweisen sich in Sachen Ammoniak als relativ ungünstig.

Die Sedimentationsstaubmengen (g/m^2 und Tag) liegen im Jahresmittel sowohl innerhalb eines Versuchsdurchgangs als auch in der Gesamtbetrachtung in den ***Tiefstreubuchten*** unter denen der einstreulosen Systeme. Beim Gesamtstaub (mg/m^3 Luft), der die luftgetragene atembare Staubfraktion darstellt und bei Mensch und Tier zu Atemwegserkrankungen führen kann, ist die mittlere Staubmenge mit 1,1 mg/m^3 Stalluft in der ***Tiefstreu*** niedriger als im ***Teilspalten 2*** des gleichen Versuchsjahres. Die Keimbelastung der Luft und des Staubes ist in der ***Tiefstreu*** jedoch um ein Vielfaches höher als in den einstreulosen Haltungssystemen [10].

4 Zusammenfassung

Insbesondere mit dem Ziel Wechselwirkungen zwischen den Ansprüchen von Tier und Umwelt zu untersuchen, wurden von insgesamt 14 Instituten in einem interdisziplinären Projekt 6 Mastschweinehaltungsverfahren mit und ohne Einstreu untersucht und aus den Ergebnissen jeweils eine optimierte Stroh- bzw. Güllevariante entwickelt.

In den ***Tiefstreusystemen*** beschäftigten sich die Tiere überwiegend mit Wühlen im Substrat. Jedoch besteht hier die Gefahr von übermäßigem Klauenwachstum bis hin zu Lahmheiten. Bei ausreichender Fläche können die Tiere ohne gebaute Elemente eine Raumstruktur aufstellen. Eine im ***Teilspalten 2*** montierte Gummimatte wurde, in Kombination mit einer Dusche, sehr gut angenommen. Die untersuchten Verfahren hatten offensichtlich einen deutlichen Einfluß auf die Tierleistungen.

Der in Bezug zum Ammoniak so vorteilhaft erscheinende ***Vollspalten*** schneidet bei Betrachtung des Geruchs weniger gut ab. Im ***Teilspalten 1*** ist die Schadgaskonzentration mit 47 GE/GV/s und 17,6 g NH3 pro kg Lmz mit Abstand am Größten. Als wesentlichste Einflüsse konnten die Größe der emittierenden Oberfläche, welche mit der dem Tier zur Verfügung stehenden Fläche negativ korreliert ist, und das Management erkannt werden.

Die aufgrund der Untersuchungsergebnisse entwickelten Verfahren ***Teilspalten 2 und Schrägmist 3*** erweisen sich als relativ tier- und umweltfreundlich, was aber mit höheren Investitionen und höherem Managementaufwand verbunden ist. Durch die in der FAL durchgeführten interdisziplinären Untersuchungen von Mastschweinehaltungsverfahren wird deutlich, daß es derzeit ein in allen Punkten zufriedenstellendes Haltungsverfahren nicht gibt. Das Ziel einer möglichst tier- und umweltgerechten Tierhaltung ist aufgrund negativer Wechselwirkungen offensichtlich nur mit Einschränkungen erreichbar und ökonomisch gesehen kritisch zu bewerten.

5 Literatur

Die zugrundeliegende Literatur kann bei den Verfassern bezogen werden.

Vergleich neuer und konventioneller Technik für die Mastschweinefütterung

MAROSKE, ULF[1], DIRK HESSE[2], HANS - PETER SCHWARZ[1]

[1] INSTITUT FÜR LANDTECHNIK DER JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIEßEN, BRAUGASSE 7, 35390 GIESSEN

[2] INSTITUT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE BAUFORSCHUNG DER BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, BUNDESALLEE 50, 38116 BRAUNSCHWEIG

Problem- und Aufgabenstellung

Der wirtschaftliche Erfolg und damit die Wettbewerbsfähigkeit in der Schweinemast hängt von genetischen, aber vor allem von umwelt-, haltungs- und fütterungsbedingten Faktoren ab. Entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg auf Produktionsebene sind die Höhe der täglichen Zunahmen, die Zahl der Umtriebe/Mastplatz und Jahr, des Futterverbrauchs/kg Zuwachs (Futterkosten) und schließlich die Höhe der Tierverluste (SOMMER, 1995). Ganz allgemein setzt die Effizienz der Erzeugung von Schweinen voraus, daß diese Leistungsmerkmale bei einem notwendigen Mindestmaß an genetischem Potential durch eine leistungs- wie auch wachstumsangepaßte Futterzusammensetzung und einer dafür in Frage kommenden tiergerechten Zuteiltechnik ausgenutzt werden.

Bei Mastschweineställen sind Baukosten von mehr als 800 DM/Platz bei Neubau nicht wettbewerbsfähig. Bei 1000 DM Investitionshöhe hat der durchschnittlich arbeitende Betrieb schon Verluste und nur der sehr gut wirtschaftende Betrieb eine Entlohnung der Arbeitsstunde von annähernd 40 DM. Etwa 15 % der Baukosten können durch einfachere Bauausführung ohne Qualitätsabstriche und durch Wahl größerer Abteile erzielt werden (RATSCHOW, 1996). Ebenfalls können, vom Stallgrundriß unabhängige, Fütterungstechniken kostensenkend auf das Investitionsvolumen wirken. Auch Großgruppenhaltung sind hierbei in Betracht zu ziehen. Hierzu liegen jedoch wenige Ergebnisse vor. Bei Haltung von Tieren in Großgruppen ergibt sich z.B. die Frage, welche Fütterungstechniken und Managementverfahren im Hinblick auf die Tierkontrolle geeignet und anzuwenden sind.

Vor diesem Hintergrund war die Aufgabenstellung, eine neue Fütterungstechnik sowie Referenzsysteme unter den Aspekten der Tierleistung, Tierverhalten, Management, Ökonomie und soweit es möglich war, der Umweltverträglichkeit zu untersuchen.

Material

Im Vergleich wurden als konventionelle Futtervorlagetechniken Trocken-, und Breiautomat sowie als neue Technik der Brei-Nuckel eingesetzt.

In beiden Mastdurchgängen wurden Tiere der Rasse Deutsche PIG, des gleichen Gewichtsabschnittes (ca. 30-110 kg) und unterschiedlichen Geschlechts eingesetzt, insgesamt wurden 54 Tiere in drei Gruppen pro Mastdurchgang gehalten. Die Tiere stammten jeweils aus demselben Aufzuchtbetrieb. Für die Fütterung wurde mehlförmiges Trockenfutter mit unterschiedlicher Futterzusammensetzung in Vor-, Mittel-, und Endmast verwendet. Tabelle 1 zeigt die unterschiedliche Bedarfsversorgung der Phasenfütterung im Überblick.

Tab. 1: Durchschnittliche Rohprotein- und Energiegehalte der eingesetzten Alleinfuttermittel

	VM (bis etwa 45 kg)	MM (von etwa 45-80 kg)	EM (bis etwa 110 kg)
ME (MJ/kg)	13.00	13.00	12.60
Rohprotein (%)	17.00	16.50	16.50

VM-Vormast, MM-Mittelmast, EM-Endmast

Der Maststall wurde auf einer bereits vorhandenen Betonfläche errichtet. Die Bauhülle bestand aus einem Folienstall. Die Klimagestaltung erfolgte mittels einer Traufen-First-Lüftung. Als Haltungsverfahren wurde das Tiefstreusystem angewandt.

Methode

Im Frühjahr 1996 startete in der FAL Braunschweig-Völkenrode unter Leitung des Institutes für landwirtschaftliche Bauforschung (ILB) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierzucht und Tierverhalten (TZV/FAL Mariensee (verantwortlich für Produktqualität) und Trenthorst (verantwortlich für das Tierverhalten)) und des Institutes für Landtechnik (JLU/Giessen, verantwortlich für das Fütterungsmanagement) eine interdisziplinäre Untersuchungsreihe über den Verfahrensvergleich verschiedener Futtervorlagetechniken bei Mastschweinen. Unterstützt wurde das Projekt durch die Raiffeisen-Central-Genossenschaft (RCG; Münster), die Tiere und Futter bereitstellten. Der Folienstall einschließlich Klimatechnik, sowie die Haltungs- und Fütterungstechnik wurden durch die Firmen Helberg, Mannebeck und Möller gefördert. Bisher wurden zwei Mastdurchgänge von März - Juni und Juli - Oktober gefahren. In einem ersten Mastdurchgang ging es darum, die neue Technik abzustimmen und die für den Brei-Nuckel richtigen Einstellungen zu finden. Hierbei erfolgten noch Modifikationen am Gerät. Gleichfalls mußten beim Trocken- und insbesondere beim Breiautomat die optimale Einstellung für die Schweineherkunft und das Haltungsverfahrens (Außenklimastall mit Tiefstreu) erst gefunden werden. Daher sind die Erhebungen aus diesem Durchgang im Sinne eines Vorversuches zu betrachten. Gleichwohl sollen einige besonders interessante Ergebnisse in die Diskussion einfließen.

Um Aussagen über das Tierverhalten zu treffen, wurden in beiden Mastdurchgängen neben Videobeobachtungen auch Direktbeobachtungen im Versuchsstall durchgeführt, die mit Hilfe eines Bewertungsschemas ausgewertet wurden. Die Beobachtungen erfolgten zum Mastanfang, -mitte und- ende über einen Zeitraum von jeweils 24 Stunden. Im Rhythmus von 15 Minuten wurden die Aktivität, der Aufenthaltsbereich sowie die Stellung des Einzeltieres registriert. Dazu wurden die Buchten in Freß-, Liege- und Kotbereich eingeteilt. Folgende Verhaltensmuster wurden ausgewählt: Inaktiv, Fressen, Trinken, Koten und Harnen, Strohfressen, Wühlen, Aggression (Drohen, Beißen), Sozialkontakt (Beriechen, Stoßen mit Rüsselscheibe) und Verdrängen. An Tierstellungen wurden Stehen, Sitzen, Brustlage, Schräglage und Seitenlage erfaßt.

Die Fütterung sollte in praxisüblicher Art stattfinden, deshalb wurde im ersten Durchlauf rationiert gefüttert. Da jedoch neuere Versuchsergebnisse (z.B. Haus Düsse oder LT Giessen) zeigen, daß heutige Hybriden aus ökonomischer Sicht besser satt gefüttert werden, wurde im zweiten Mastdurchgang auf ad-libitum Fütterung umgestellt. Die Tiere wurden mit einer mobilen Viehwaage zur Ein- und Ausstallung, sowie in einem 14-tägigen Rhythmus gewogen, und daraus die durchschnittlichen Tageszunahmen bestimmt. Der Futterverbrauch wurde über die täglich verfütterten Mengen errechnet. Für den zweiten Versuchsdurchgang wurde der

Brei-Nuckel mit einer Einzeltiererkennung ausgestattet. Dadurch konnte die von jedem Tier gefressene Futtermenge exakt bestimmt werden. Neben dem Strohverbrauch wurden die Wasservolumina über Wasserzähler für jede Bucht erfaßt. Es wurde nach dem Rein-Raus-Prinzip gearbeitet, wobei aber die Ausstallung der Tiere in Abhängigkeit von der geltenden Schlachtmaske zu zwei Schlachtterminen erfolgte.

Zur Erfassung der Außen- und Innenklimasituation (LB) wurde eine umfangreiche Meßwerterfassungsanlage aufgebaut. An der Außenstation wurden Temperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und -geschwindigkeit, Niederschlagsmenge und Globalstrahlung gemessen. Im Stall wurden Messungen der Temperatur und Luftfeuchte im Freß- und Liegebereich jeder Bucht, sowie im Trauf- und Firstbereich durchgeführt (gesamt 16 Meßstellen). Ferner erfolgten Messungen der UV-Strahlung und, sofern möglich, der Luftgeschwindigkeit in Traufen- und Firsthöhe.

Es wurden alle Mast-und Schlachtdaten wie in der Mastleistungsprüfungserhebung durch die FAL Institute für landwirtschaftliche Bauforschung (LB) und Tierzucht und Tierverhalten (TZV) erfaßt.

Versuchsanlage

Um möglichst gute, und damit vergleichbare, äußere Rahmenbedingungen zu schaffen, wurde insbesondere das Management bei allen Buchten gleichgehalten. Auch sind Raumgröße und Raumaufteilung identisch gestaltet worden. Die Buchten haben eine Größe von 2,60 m * 6,40 m, so daß sich bei einem Platzangebot von 0,92 m^2 je Mastschwein eine Gruppenstärke von 18 Tieren ergab. Die Raumaufteilung erfolgte in einen Freß- und einen Liegebereich, in der Regel legten sich die Tiere innerhalb des Liegebereiches einen abgegrenzten Mistbereich an. In der Bucht mit Trockenautomat standen den Tieren neun Freßplätze zur Verfügung, in der mit Breiautomat und Brei-Nuckel waren je zwei Automaten installiert. Die Tiere konnten über Tränkenippel unbegrenzt Wasser aufnehmen; in der Bucht mit Trockenautomat und Brei-Nuckel waren je zwei Tränkenippel an der Schräge zwischen Freß- und Liegebereich an der Buchtenwand installiert, beim Breiautomaten war es der im jeweiligen Automaten vorhandene Tränkenippel. Bezüglich der Lichtverhältnisse und der Lüftung konnten nur eingeschränkt gleiche Rahmenbedingungen geschaffen werden, da sich, aufgrund des Folienstalles (Außenklimastall), am Tag die Lichtverhältnisse nach der Sonnenintensität, dem Sonnenstand und der Positionierung der Buchten im Stall selber richteten. Zu- und Abluft wurden über eine Trauf-First-Lüftung per Hand gesteuert.

Aufstallungssystem war ein Tiefstreuverfahren, bei dem der angehobene, planbefestigte Freßplatz vom Liegebereich aus über eine Schräge zu erreichen war. Die drei Buchten waren mit einer vollautomatisch temperaturgesteuerten Dusche im Liegebereich ausgestattet. Diese bot den Tieren die Möglichkeit zur Thermoregulation, insbesondere an heißen Tagen . Eingestreut wurde zweimal die Woche, die Entmistung wurde nach jedem Mastdurchgang durchgeführt.

Bezüglich des Geschlechterverhältnisses wurden im Mastdurchgang mit rationierter Fütterung je drei Gruppen mit 11 Börgen und 7 weibliche Tiere. Bei der ad-libitum Fütterung lag in den Buchten mit Trocken- und Breiautomat ein Geschlechterverhältnis von 50 : 50 vor. In der Bucht mit den Brei-Nuckeln waren es 16 Tiere, 6 Börgen und 10 weibliche Tiere (zwei Tiere mußten aus der Gruppe rausgenommen werden).

Erste Ergebnisse

Aspekte zum Tierverhalten

Die Fütterungverfahren zeigten in den Untersuchungen unterschiedliche Einflüsse auf das Verhalten der Tiere. Im folgendem soll auf das Verhalten innerhalb der Gruppe, die Freßsituation und die Aktivitätshöhe eingegangen werden. Im Verlauf des ersten Mastdurchganges kam es bei den Tieren in der Bucht mit Brei-Nuckel zu einem sehr stark ausgeprägtem Verdrängungsverhalten. Die Tiere wurden beim Fressen von Artgenossen im Schulterbereich gestoßen und stellenweise erfolgreich verdrängt. Deshalb wurden Seitenabtrennungen montiert, durch welche die Tiere bis zur Schulter vor Gruppenmitgliedern geschützt waren. Dadurch konnten sowohl die Verdrängungsversuche als auch die erfolgreichen Verdrängungen erheblich reduziert werden, so daß Fressen für die Tiere offensichtlich ohne Streßbelastung möglich war. Bei Brei- und Trockenautomat kam es nur ganz vereinzelt zu Verdrängungs- und Agressionshandlungen.

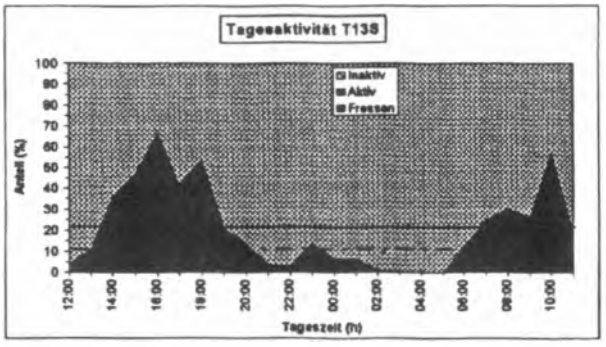


Abb. 1: Prozentuale Anteil an Fressen, Aktivität u. Inaktivität d. Tiere am Trockenautomat

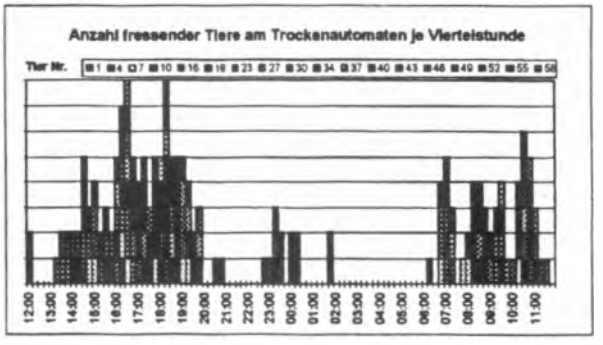


Abb. 2: Freßplatzbelegung am Trockenautomat

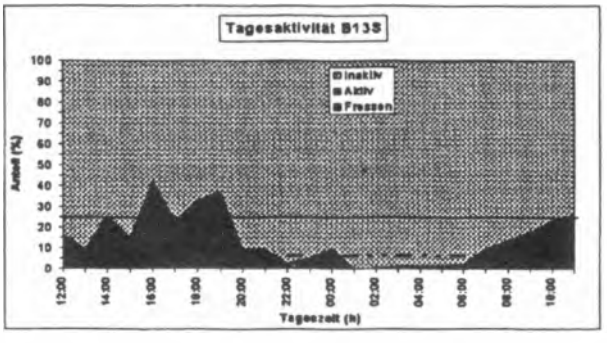


Abb. 3: Prozentuale Anteil an Fressen, Aktivität u. Inaktivität d. Tiere am Breiautomat

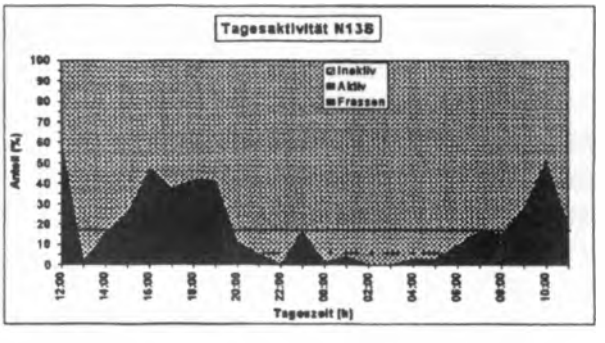


Abb. 4: Prozentuale Anteil an Fressen, Aktivität u. Inaktivität d. Tiere am Brei-Nuckel

Die Freßaktivität der Tiere stellte sich bei den drei Gruppen höchst unterschiedlich dar. In den Abbildungen 1 ,3 und 4 ist der prozentuale Anteil an Freßaktivität, Restaktivität (alle Aktivitäten außer Fressen) und Inaktivität der Tiere im Verlauf von 24 Stunden dargestellt. Die Daten beziehen sich auf den zweiten Mastdurchgang (ad libitum) bei durchschnittlich ca. 40 kg Lebendmasse. Bei allen drei Fütterungstechniken wies der Verlauf der Freßaktivität eine

Freßspitze in den Morgen- und Abendstunden auf. Am Trockenautomat waren diese am deutlichsten ausgeprägt. Auffällig war, daß die Freßaktivität beim Trockenautomat (Gleichwert 11%) sehr hoch war (Abb. 1), sie lag mit in der Spitze über 30% morgens und knapp 25 % abends weit über dem Gleichwert der Freßaktivität der Referenzsysteme (Gleichwert ca. 6%) (Abb. 3 und 4), welche in der Spitze nur 10-15% erreichten. Dieses steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Futterkonsistenz. Angefeuchtetes Futter hat bei Schweinen gegenüber Trockenfutter klare Vorteile hinsichtlich der Futteraufnahmegeschwindigkeit. Diese Beobachtung konnte insbesondere im ersten Mastdurchgang bei rationierter Fütterung gemacht werden. Die Tiere am Breiautomat hatten des öfteren schon in den Mittagsstunden (zw.13.00 und 14.00 Uhr) die komplette Tagesration aufgefressen, während die gleiche Futtermenge am Trockenautomat bis in die Nachmittagsstunden (ca. 15.00/16.00 Uhr) vorhielt. Beim Trockenautomat war, verfahrenstechnisch bedingt, eine längere Freßdauer gegeben, so daß daraus eine längere Freßaktivität resultierte. Das wird auch aus der Freßplatzbelegung (Abb. 2) deutlich. Bei Trocken- und Breiautomat lagen die Nachtfressaktivität und die Nachaktivität unter dem Gleichwert (Medianwert der Freß- bzw. Gesamtaktivität über 24 h), beim Brei-Nuckel nahe am Gleichwert. Bei einem sehr deutlichen Tages-Nacht-Rhythmus waren die Nachtaktivität und -fressaktivität am Breiautomat am geringsten. Auch die Tiere am Trockenautomat und Brei-Nuckel zeigten die gewünschte Nachtruhe, wobei im Vergleich am Trockenautomat eine höhere Nachtfressaktivität verzeichnet werden konnte.

Tierleistung

Bei tagesrationierter Fütterung lagen die täglichen Zunahmen beim Breiautomaten und Brei-Nuckel mit ca. 864 bzw. 850 g höher als beim Trockenautomat (814 g). Im zweiten Mastdurchgang bei ad-libitum Fütterung erreichten die Tiere am Brei-Nuckel den höchsten täglichen Gewichtszuwachs, darunter lagen der Brei- und Trockenautomat (siehe Tab. 2). Interessant war in diesem Zusammenhang die durchschnittlich aufgenommenen Tagesfuttermengen bei ad-libitum Fütterung. Am Brei-Nuckel wurden durchschnittlich 2,81 kg Futter pro Tier und Tag gefressen. Der Durchschnitt an Brei- bzw. Trockenautomat lag bei 2,92 bzw. 2,95 kg. Hinsichtlich der Futterverwertung ergab sich folgendes Bild. Die Tiere am Brei-Nuckel hatten mit 1:2,96 die beste Futterverwertung. Bei dem Breiautomat wurde eine Futterverwertung von 1:3,09 erreicht, am Trockenautomat hatten die Tiere die schlechteste (1:3,21). Der Grund für die schlechtere Futterverwertung bei den Tieren am Trockenautomat lag vermutlich insbesondere in den verfahrenstechnisch bedingt höheren Futterverlusten. Bei Verwendung mehlförmigen Futters für die Trockenfütterung entsteht offensichtlich das Problem, daß oft größere Futtermengen von den Tieren verstreut werden. Zum anderen könnte der höhere Futteraufwand pro Kilogramm Zuwachs durch höherer Streßbelastung der Tiere durch einen zu geringeren Individualabstand beim Fressen verursacht zu sein. Dieser Hypothese soll im nächsten Mastdurchgang nachgegangen werden.

Tab. 2: Leistungsdaten bei Ad Libitum Fütterung

			Trockenautomat	Breiautomat	Brei-Nuckel
Mastdauer	Mittelwert	d	86,89	85,33	86,06
Endgewicht	Mittelwert	kg	112,3	112,6	113,9
	Stdabw	kg	5,2	6,0	5,4
Zunahmen	Mittelwert	kg	0,922	0,948	0,952
	Stdabw	kg	0,068	0,086	0,081
Futterverwertung	Mittelwert	kg	3,21	3,09	2,96
Wasserverbrauch	Mittelwert	l	7,5	6,7	5,1
	Stdabw	l	3,8	2,5	1,1
Magerfleischanteil	Mittelwert	%	53,2	54,3	55,2
	Stdabw	%	3,0	3,9	2,5

Die Reihenfolge der Fütterungsverfahren hinsichtlich der Futterverwertungen stellte sich bei rationierter und ad libitum Fütterung gleich dar. Bei Ad libitum wurden jedoch bei allen drei Verfahren höhere Futteraufwandsmengen je kg Zuwachs benötigt. Im ersten Mastdurchgang mußten erst die, für Gebäude, Haltungs-verfahren und Schweineherkunft richtigen Einstellungen der Automaten gefunden werden. Somit waren die Futterverwertungen versuchsbedingt schlechter. Bei Trocken- und Breifütterung war der Wasserverbrauch pro Tier und Tag sehr unterschiedlich. Mit durchschnittlich 7,5 Liter hatten die Tiere am Trockenautomat den höchsten Wasserbedarf. Gegenüber Breiautomat und Brei-Nuckel bedeutete das einen Mehrbedarf an Wasser von 12 % bzw. 47 % pro Tier und Tag. Als durchschnittlicher Wasserverbrauch konnte je kg Trockenmasse ca. 2,5 l am Trockenautomat, 2,3 l am Breiautomat und 1,8 l Wasser am Brei-Nuckel festgestellt werden.

Produktqualität

Zur Bewertung der Schlachtkörperqualität wurden Magerfleischanteile, Rückenspeckdicke und Fleischmaß, Reflexionswert, Temperatur und pH 45 Minuten post mortem sowie Temperatur, pH und Leitfähigkeitswert 24 h nach Schlachtung bestimmt.

In der Schlachtkörperzusammensetzung wurden Unterschiede bezüglich der Muskelfleischanteile deutlich (Tab. 2). Trotz der höchsten Zunahmen wies der Gruppendurchschnitt der Tiere am Brei-Nuckel einen um 3,76 Prozent höheren Muskelfleischanteil als der Tierdurchschnitt (53,2%) am Trockenautomat auf. Ebenfalls lag der Durchschnitt am Breiautomat mit 54,3 Prozent um 2,07 Prozent höher. Es ist bekannt, daß sich Unterschiede bezüglich der Höhe der Muskelfleischanteile zwischen Kastraten und weiblichen Tieren bestehen. Deshalb wurde der durchschnittliche Muskelfleischanteil zusätzlich getrennt für beide Geschlechter bestimmt. Die Werte waren für weibliche (53,16%) und männliche (53,2%) Tiere am Trockenautomat nahezu identisch. Größere Unterschiede stellten sich bei den Gruppen am Breiautomat und Brei-Nuckel heraus. Der Durchschnitt der Kastraten am Breiautomat lag bei 53,0%, während die weiblichen Tiere einen Durchschnitt von 55,51 % erreichten. Beim Brei-Nuckel hatten die weiblichen Tiere ein um 3,8 % höheren Muskelfleischanteil als die Börgen. Hier lagen der Durchschnitt der männlichen Tiere bei 53,9 % und der der weiblichen Gruppe bei 55,96 %. Die kleinste Standardabweichung von 2,5 für den Muskelfleischanteil lag bei der Gruppe am Brei-Nuckel vor. Aufgrund dieser geringen

Streuung war die Schlachtpartie bezüglich der Muskelfleischanteile sehr einheitlich (Schwankung v. 51,0% bis 59,6% MfA). Bei Trocken- und Breiautomat war die Streuung größer, die minimalen und maximalen Muskelfleischanteile lagen bei 44,9 und 56,6 Prozent bzw. 45,2 und 60,9 Prozent. Bezüglich der Fleischbeschaffenheit lagen der pH_1 und pH_{24} der Schlachtkörper aller drei Gruppen im Normal-bereich. Es konnten weder DFD- noch PSE-Fleischqualitätsmängel festgestellt werden.

Umweltrelevante Faktoren

Jeder Überschuß an aufgenommenen Stickstoff und Phosphor landet unweigerlich in der Umwelt. Tabelle 3 (nach LENTFÖHR, 1990) soll zeigen, wie schon durch Verbesserung der Futterverwertungen die N-Ausscheidung mit tierischen Exkrementen vermindert wird.

Tab. 3: N-Einsparung durch Verbesserung der Futterverwertung - Mastabschnitt 25-105 kg

Futterverwertung	1:	3,71	3,55	3,35	3,01
Futterverbrauch	kg	297	284	268	241
RP-Aufnahme	kg	49,0	46,9	44,2	39,7
RP-Ansatz	kg	12,0	12,0	12,0	12,0
RP-Verwertung	%	24,5	25,6	27,2	30,2
RP-Ausscheidung	kg	37,0	34,9	32,2	27,2
N-Ausscheidung	**kg**	**5,92**	**5,58**	**5,15**	**4,43**
relativ	**%**	**134**	**126**	**116**	**100**

Aufgrund dieser Tatsache, wird die größte Reduktion der N-Ausscheidung am Brei-Nuckel erreicht. Auch beim Breiautomaten wird gegenüber dem Trockenautomat, welcher die schlechteste Futterverwertung aufwies, eine Minderung der N-Ausscheidungen erzielt. In dieser Untersuchung konnten bisher aus methodischen Gründen nicht der Stickstoff- und Phosphoranteil in den Exkrementen erfaßt werden.

Futtermengen je Einzeltier am Brei-Nuckel

Die anzustrebende Mastleistung erfordert eine möglichst exakte Nährstoffzufuhr, wenn eine optimale Schlachtkörperzusammensetzung bei günstiger Futterverwertung erzielt werden soll. Um diese Nährstoffzufuhr sicherzustellen, sind Kenntnisse über das Futteraufnahmevermögen der Tiere erforderlich (KIRCHGESSNER, 1992). Daher wäre eine Einzeltier bezogene Fütterung sinnvoll. Um entsprechende Regulationsparameter zur optimalen tierindividuellen Ad-Libitum-Fütterung erarbeiten zu können, wurden am Brei-Nuckel zunächst nur die aufgenommenen Futtermengen erfaßt. Eine Regulierung erfolgte nicht.

Der Freßtag (24h) wurde in vier Freßperioden (eine Freßperiode waren hier 6h) eingeteilt. Die maximale Ausdosiermenge pro Freßtag betrug -Software bedingt- 15 kg, d.h. pro Freßperiode konnten von jedem Einzeltier maximal 3,75 kg Futter abgeholt werden. Die Auswertung der aufge-nommenen Tagesfuttermengen von jedem Einzeltier erfolgte über einen angekoppelten

PC. Die Abbildung 5 zeigt den Verlauf der tatsächlich aufgenommenen Tagesfuttermengen je Tier.

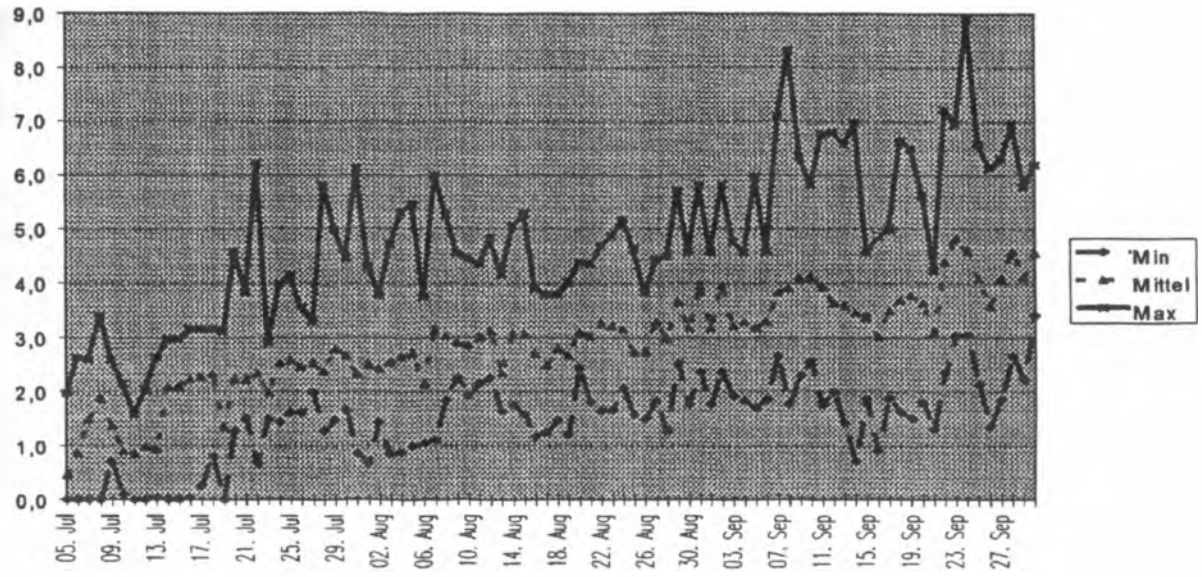


Abb. 5: Futtermengen je Einzeltier am Brei-Nuckel

Die Tiere untereinander zeigten im Mastverlauf ein unterschiedlich hohes Futteraufnahmevermögen. Es stellte sich folgende Situation dar: Anhand der Futtermenge konnten die Tiere in drei Gruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe lag im Mastverlauf über der im Durchschnitt aufgenommenen Futtermenge. Eine zweite Gruppe von Tieren schwankte um den Durchschnitt. und schließlich eine dritte Gruppe, die sich mit ihren Futtermengen unterhalb des Mittelwertes bewegte. Allgemein kann gesagt werden, daß Tiere, die schon zu Mastanfang eine hohe Futtermenge aufnahmen, sich die Mast über auf hohem Niveau bewegten. Tiere mit unterdurchschnittlich Futteraufnahmevermögen zu Mastanfang zeigten auch während des Mastverlaufes keine große Steigerung der Futtermengen. Auf den Gruppendurchschnitt betrachtet, blieben sie auf niedrigem Niveau.In der Abbildung 5 kommt es im Bereich vom 5. August und 9. September öfters zu stärkeren Einschränkungen in den aufgenommenen Futtermengen. In diesem Zeitbereich hatten hohe Tagestemperaturen eine vermindertes Futteraufnahmevermögen zur Folge. Leider kann aus Platzgründen hier nicht weiter auf die Temperatursituation eingegangen werden.

Zusammenfassung

Gegenstand des Versuches war es, zu prüfen, welche Fütterungsverfahren zur Erzeugung von Schweinen hinsichtlich guter Leistungen, guter Schlachtkörperqualität, guter Umweltverträglichkeit und vorallem möglichst hoher Tiergerechtheit anzuwenden sind. Auf dem Prüfstand standen Trocken- und Breiautomat sowie der Brei-Nuckel als eine neue Fütterungstechnik.

In den Tierleistungen sowie den Schlachtqualitäten waren der Breiautomat und Brei-Nuckel dem Trockenautomat deutlich überlegen. Die besten Leistungen, bei fast allen Leistungsparametern, liessen sich mit dem Brei-Nuckel erreichen. Mit dem Brei-Nuckel und Breiautomat läßt sich durch Verminderung der N- und P-Ausscheidungen aufgrund besserer Futterverwertungen eine umweltschonendere Fütterung realisieren.

Bei allen drei Fütterungstechniken stellten Agressionen und Verdrängungen kein Problem dar. Am Trockenautomat konnte die, von allen untersuchten Verfahrenstechniken, höchste Freßaktivität festgestellt werden. Der Breiautomat ermöglichte eine tiergerechte Futteraufnahme bei einer deutlichen Nachtruhe. Der Brei-Nuckel gewährleistete ein natürliche Futteraufnahme und wies im Tagesablauf der Tiere deutliche Ruhezeiten auf.

Die Anforderungen an die Qualität des Managements sind beim Trockenautomat am geringsten und beim Brei-Nuckel mit Abstand am höchsten. Der Breiautomat stellt mittlere Ansprüche.

Die Investitionskosten für die Fütterungstechnik pro Mastplatz liegen beim Trockenautomat am niedrigsten. Das Investitionsvolumen wird beim Brei-Nuckel am höchsten liegen. Abzuwarten bleibt, welche maximale Tierzahl über diese Fütterungseinheit versorgt werden kann. Weiterhin ist der Mehrerlös durch bessere Leistungen und Schlachtkörperqualitäten monetär gegenüber zu stellen.

Der Brei-Nuckel kann zur Ad Libitum Fütterung, insbesondere jedoch zur tagesrationierten (tierindividuellen) Fütterung eingesetzt werden. In Kombination mit der Einzeltiererkennung kann der Brei-Nuckel bei rationierter Fütterung die Möglichkeit bieten, eine gewichts- und damit bedarfsbezogene Fütterung insbesondere hinsichtlich einer N- und P-Reduzierung in den Exkrementen durchzuführen. Optional kann der Brei-Nuckel mit einer Einzeltiererkennung und Steuerung, einem Mikrodosierer (Medikamente, Regumate etc.), einer Markierungs- und einer Selektionseinrichtung ausgestattet werden. Somit bestehen auch Einsatzmöglichkeiten im Sauenbereich (Jungsauen). Der Brei-Nuckel mit Tiererkennung stellt eine Technik dar, die eine Einzeltierkontrolle trotz größerer Gruppen problemlos ermöglicht.

Ausblick: Ende Januar startet in gleicher Sache eine weitere Versuchsreihe an der FAL in Braunschweig-Völkenrode mit tierindividueller eingeschränkter Sattfütterung.

Literatur

RATSCHOW, J. P. (1996): So organisieren sie ihren Stall, DLG-Mitteilungen plus, S. 18-22

SCHWARZ, H. P. (1996): Handbuch der tierischen Veredelung, Kamlage Verlag

SOMMER, W. (1993): Fütterung, BauBriefe Landwirtschaft - Mastschweinehaltung, , Heft 34/1993, S. 35-39

KIRCHGESSNER, M. (1992): Tierernährung, 8. neubearbeitete Auflage, DLG-Verlag - Frankfurt Main), S. 254-255

The Swedish Farrow-To-Slaughter (FTS) Pig Production System - a New Housing Concept for Eliminating Stressors

OLSSON, OVE

Swedish Animal Health Service, Bosjöhill, Sätofta S-243 93 HÖÖR, Sweden

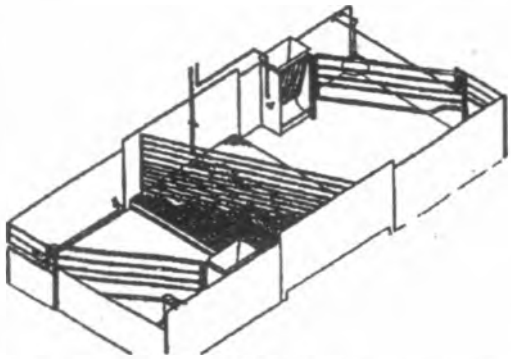
Introduction

The aim of the work presented, was to build and evaluate the pig barn of tomorrow, which takes into consideration the animal, the stockman, the working environment and production economy. The main goal was - as far as possible - to eliminate "stressors" and develop a housing system with respect to animal welfare, health, labour efficiency, production and economy. The research work resulted in the developement of *The Farrow-To-Slaughter (FTS) System.*

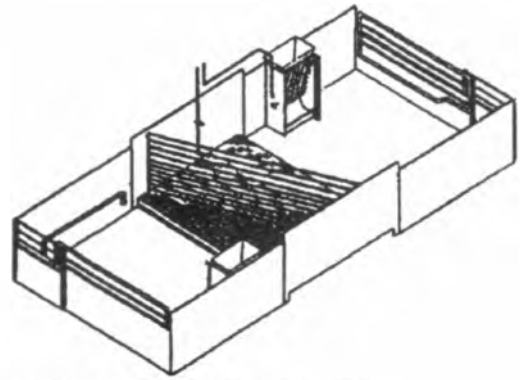
Materials and Methods

This report summarizes results on the development and study of various aspects of the FTS-system. The basic components are that the pigs in the litter remain together in the same pen from birth to slaughter and that the pen size is appropiate for maximum weight fatteners. The FTS-pen designed (named the EKO-pen), has a size suitable for a litter of 10 pigs of 90 kg each (Fig.1). It has 3.3 sq.meter raised slatted floor and 6.7 sq.meter solid floor, for a total area of 1.0 sq.meter for each pig (the minimum area according to the Swedish Animal Welfare Code is 0.21 sq.meter dunging area and 0.64 sq.meter solid laying area per 90 kg pig). The slats (solid plastic) are 15 mm apart, and are raised 6 cm from the solid floor. The pens are built in pairs, sharing the drained dung area. A diagonal gate, made of pipes, divides the dung area into two triangles. The side walls are solid. One feeder is located on the partition to the next pen, about two-thirds of the distance from the gate dividing the dung area. This feeder is for the sow and later the growing-finishing pigs, whereas the piglets have their own feeder. After weaning, this feeder is as well used for the growing pigs. Thus, each pen is equipped with two feeders on opposite walls during the growing phase of production. Water is supplied by drinkers with free access in the feed trough and the slatted floor. There is a strict batch production in sectioned pig houses and separate units are maintained (Fig.1). The herd is closed, with controlled "one direction" animal flow within the herd. All types of feed are distributed by a computerized feed wagon system operating along a track on the ceiling . Rations are tailored for each pen at every production stage. An ultrasound sensor checks the need for refilling and the system is fully automatic. The solid pen construction is used to provide a "disturbance-free" and stable social environment and there is no nose or dung contact between pens. The climatization system is well controlled and the noise, dust and gas levels are maintained as low as possible (floor heating and heating lamps, breathing ceiling as air inlets and all air exhaused from channels under the slats). The animal house has a sprinkler system to reduce dust. Natural lightning and fixed time controlled artificial light provides a natural daily rythm. The pigs are daily given straw to avoid "under-stimulation". Precise routines and times for monotoring and husbandry are used in order to have a quiet and "stress-free" handling for all contacts with the pigs. Work in general is concentrated on pig care and monotoring and precisely planned. The pen design should promote the best possible pen hygiene without manual work . The total work requirement per produced pig should be as low as possible and the necessity for physically work avoided.

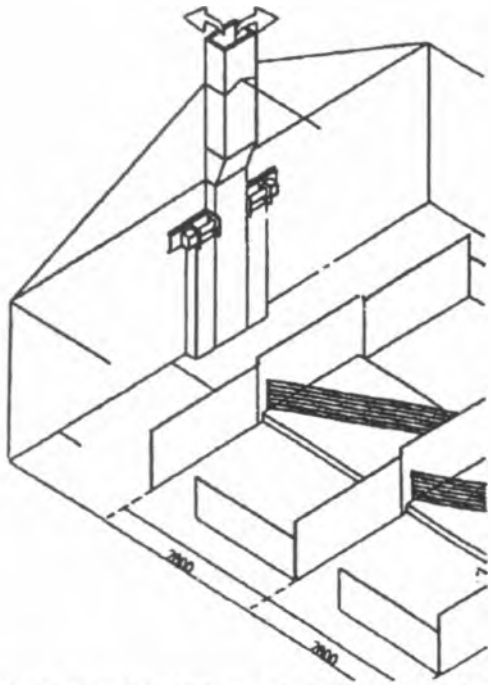
Full scale research work were carried out 1993-1996 at two farms (named Annelöv and Hoby). Annelöv has 4 units of 14 EKO-pens each and Hoby has 2 units of 20 EKO-pens each (Fig. 1).



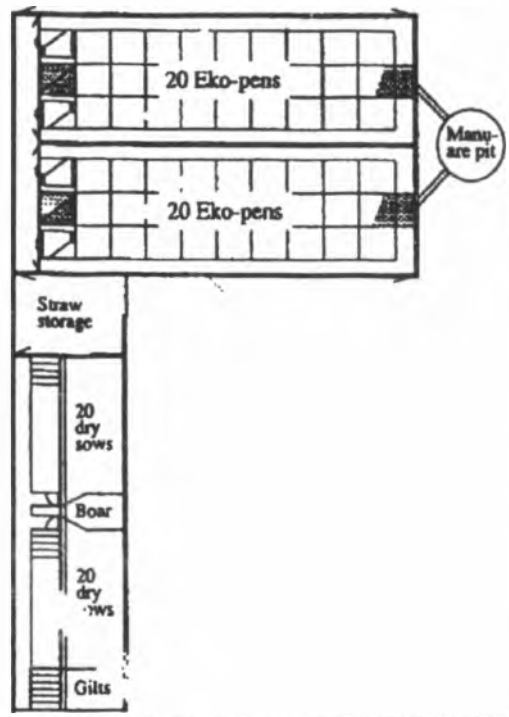
THE EKO-PEN ADJUSTED FOR THE FARROWING AND NURSING PERIOD



THE EKO-PEN ADJUSTED FOR THE GROWING-FINISHING PERIOD



CROSS-SECTION OF A FTS-UNIT WITH EKO-PENS



THE HOBY FARM WITH 2 FTS-UNITS OF EKO-PENS

Fig 1: Design of the FTS-system with EKO pens

Results and discussion

Pen Hygiene was studied and during the entire observation period the cleaness of the pens was very good. No differences in cleaness were observed between the two units studied. The pigs did not change the place they dunged with time, and the same area of the pens was dirty during the entire observation period. There did not appear to be any relationship between pen and area of pen, that is, the same area had the highest dirty points in all the pens. The sow dunged significantly more on the laying area before farrowing than after farrowing ($p=0.0001$).

Straw Requirement: Studies showed, that a total ration of 12 kg straw per pig from birth to slaughter gave a rich and good access to straw. Even if this amount was reduced to about 8 kg straw per pig from birth to slaughter, the conditions in the EKO-pen appeard to permit an acceptable good access, especially if the opening between the laying area and the slatted floor was reduced to about one third of its lenght. The low requirement (an average of about 40 - 70 grams per pig and day for consumption and comfort/bedding) for straw appeard to be due to the high feeding intensity and to the very good hygiene conditions in the laying area during the whole production cycle/growing period.

Labour Requirement: Registration of the work operations was carried out in the 4 units with the EKO-pens at Annelöv. Each unit consisted of 14 pens. The length of time required to perform the work operations for all the pens were noted on a special protocol by the stock person for 2 periods of 1 month each. Since all the units were registered at the same time, it was possible to determine how the work operations were used for the different animal categories. Comparison of the results (Table 1) to those available for general labour information within pig production showed that the work burden on Annelöv was about 60 % of that required for conventional production. The total amount of time spent per slaughter pig produced was evaluated to be 0.8 h in the FTS-system compared to the 1.4 h noted for the general case. Certain interesting obsevations were made. The low piglet mortality of about 5 % in the herd was reflected in that more time has in total been used to "Monotoring/treatment" than the total time for "feeding" and "cleaning" together.

Tab.1: Results of work studies of the FTS-system on Annelöv. Work minutes per pen per day, where each pen has a sow and litter or a litter.

Work operation	**Farrowing, lactating sow & piglets**	**Weaned piglets up to 25 kg**	**Growing-finishing pigs 25 - 110 kg**
Feeding	0.36	0.43	0.32
Cleaning	0.98	0.51	0.49
Monotoring/treating	2.38	0.25	0.28
Weekly work	1.96	0.16	0.22

Behaviour Studies at farrowing showed that the piglets found the heating lamp in the creep area within 36 - 48 h after birth, possible due to placing and locking them in the creep area at sow feeding times. No injuries were observed as a result of the pigs walking on the slatted floors shortly after birth and thereafter. Behavior studies during the growing-finishing period showed that the pigs kept the laying area clean during the entire period. The ability of female

pigs to compete for feed against the castrates increased if there were 2 feeders in the pen, in comparison with 1, which should reduce the slaughtering out period. In addition, the level of agression was reduced when there were 2 feeders in the pen. Additional studies are necessary to clarify eventual differences in feed conversion with a different number of feeders per pen.

Health Status investigations of the pigs at 9 and 20 weeks of age indicate that the age group sectioning of the FTS-system effectively protects piglets from being infected with the dominating respiratory infections, Mycoplasma hyopneumoniae and Actinobacillus pleuropneumoniae, serotypes 2 and 3. Even if infections with Mycoplasma and Actinobacillus occur in this herd, the immunological response appears to be limited during the growing-finishing period, which indicates a relatively low infection pressure. This, probably together with the fact that the animals are not moved or regrouped, will give a rapid growth during the growing-finishing period - which in turn will reduce the slaughtering out period.

Tab. 2: Blood parameters of 158 pigs from 2 farrowing batches raised in the FTS-system (Annelöv)

Blood serum parameters	**Pigs age:**	
	9 weeks	**20 weeks**
M. hyopneumoniae:		
- seropositive , %	0.0	13.9
- mean absorbance, limit = 0.5	0.08 ± 0.05	0.31 ± 0.20
A. Pleuropneumoniae, type 2:		
- seropositive, %	0.0	44.3
- mean absorbance, limit = 0.3	0.05 ± 0.03	0.34 ± 0.31
A. pleuropneuomoniae, type 3:		
- seropositive, %	1.1	39.9
- mean absorbance, limit = 0.3	0.05 ± 0.05	0.39 ± 0.33
Serum albumine, g/l	27.5 ± 3.8	38.8 ± 3.1
Serum globuline, g/l	32.3 ± 3.6	43.2 ± 3.9
Ratio albumine:globuline	0.87 ± 0.15	0.91 ± 0.11

The health of the animals was also observed at slaughter. The degree of changes due to diseases in internal organs were noted. As seen in Tab.3, the frequences of changes are very low. These figures are very low compared to mean figures of pathological changes at slaughter.

Tab. 3: Pathological changes in internal organs observed at slaughter during the period July-93 to June -94 (Annelöv). The means are calculated from the baches (14 litters per batch)

Health status, %	**Weighted mean**	**Lowest mean**	**Highest mean**
Pleurisy	0.95	0.70	3.80
Pneumonia	1.06	0.00	3.00
Liver, white spots	1.88	0.70	3.50
Liver, others	0.74	0.00	2.20
Other diseases	1.06	0.70	3.00
Total	4.83	2.60	9.00

The Production of the FTS-system was continually registrated during the study period, July 93 - June 94. The results were collected and analyzed by Optima (the swedish farmer's co-operative extension organization) in their production analyses programme "Optima-gris", in the same manner as those herds connected to Optima's consulting service. Thus the results from the FTS farm was directly comparable to the other production results presented from Optima. Production results of different batches from the FTS farm varied greatly. Comparison of the results with the data from Optima-gris control programme showed that there were, in general, as least as good as if not better results than that from the conventional herds. It should be noted, however, that the Optima results were collected from many herds, and the "worst" and "best" data were obtained from the mean value of the 1/3 showing that type of production. The data from the extreme production characteristics for the FTS herd was obtained from the batch results with that charateristics, i.e. the highest/lowest of a specific parameter observed. In other words, the Optima data were a "mean" value whereas the FTS data were individual batch results.

Tab.4: Comparison of FTS system and Optima's production results - piglet production and growing-finishing production - during the period July93 - June94

	Optima Mean (worst 1/3 - best 1/3)	**FTS - Annelöv** Mean (worst - best)
Piglet production:		
No. pigs produced/sow/year	18.8 (15.9 - 21.4)	24.4 (22.5 - 25.2)
No. litters/sow/year	2.05 (1.94 - 2.15)	2.13 (2.08 - 2.19)
No. stillborn piglets	0.6 (0.7 - 0.6)	0.4 (0.6 - 0.0)
No.pigs weaned	9.4 (8.7 - 10.0)	11.0 (10.1 - 11.9)
Age at weaning, days	41 (42 - 40)	41 (45 - 39)
Mortality: birth - weaning; %	15.0 (17.0 - 14.0)	5.4 (11.2 - 1.8)
Mortality: weaning - 25 kg; %	2.8 (4.8 - 1.6)	0.5 (3.9 - 0.0)
Age at 25 kg; days	85 (88 - 82)	77 (81 - 72)
Interval weaning - service; days	8 (10 - 7)	8 (9 - 8)
Returns to service; %	9 (13 - 6)	5 (1 - 6)
Feed/produced weaner; MJ	1245 (1306 - 1226)	1196 (1240 - 1137)
Growing-finishing production:		
Daily gain; grams/day	761 (672 - 879)	895 (848 - 971)
Feed/pig/day; MJ	27.9 (25.6 -30.4)	27.7 (24.6 -30.1)
Feed conversion; MJ/kg growth	36.6 (37.8 - 35.9)	30.8 (33.5 - 29.0)
Carcass weight; kg	79.3 (79.2 - 79.4)	80.8 (78.8 - 81.4)
Weight at entering; kg	27.9 (25.6 - 30.1)	22.4 (17.7 - 26.0)
Growth/pig; kg	81.5 (70.1 - 84.0)	89.2 (86.0 - 94.2)
No. of feeding days	111.0 (131 - 94)	99.9 (111.0 - 90.0)
Meat %	59.8 (60.0 - 59.6)	60.2 (60.6 - 59.7)
Lung leisons, pneumonia; %	5.3 (7.9 - 3.7)	1.1 (3.0 - 0.0)
Liver spots, parasites; %	4.2 (4.7 - 3.7)	1.9 (3.5 - 0.7)
Liver condemned, other reasons; %	1.7 (1.8 - 1.5)	0.7 (2.2 - 0.0)
Other slaughter notations; %	2.5 (2.9 - 2.4)	1.1 (3.0 - 0.7)
Dead and condemned; %	1.8 (2.7 - 1.0)	-

Comparison of Production Economy in 4 theoretical models were carried out using as similar conditions as possible where it could be done and was suitable to do so. Therefor, for example, herd size, technical level, animal material, knowledge of husbandry, animal health status, etc. were the same for the 4 different production systems. These systems were:

FAM. - a system based upon deep straw beddings for dry sows, multi-suckling and for weaned piglets up till 25 kg weight; the fatteners were kept in conventional housing system for growing pigs. The FAM-system have reached quite a great popularity in Sweden during the last decade.

GRO.- this is a conventional and traditional system with farrowing pens, weaning pens and traditional fattening pens. The dry sows are kept in pens equipped with feeding stalls. All types of pens have slats and straw is used in restricted amounts. The GRO-system is the most common one in Sweden.

UNI.- means a system where the weaned piglets remain in the farrowing pen after weaning at about 5 weeks till an age of about 12 weeks. Otherwise the system is similar to the GRO-system. The UNI-system is quite popular at small farms.

FTS - the newly developed system described in this report. The dry sows are kept as in the GRO- or UNI-system. Today about 40 farms have adapted the FTS-system and several different pen designs are developed.

In a theoretical model for studying productivity and production economy is it of major importance to have as similar comparison basis as possible, and this means, among other things, that all the systems have the same conditions as follows:

- 330 integrated sows in production (ISIP)
- 5 (4.5) weeks lactation period
- batch farrowing every second week
- 30 sows per batch
- strict batch production in every production stage from birth to slaughter
- same recrument of 20 % gilts farrowing in each batch of sows
- ventilation and barn climat and conditions according to "Swedish Standard"
- 10 months monure storage capacity and straw storage in buildings
- same area and standard for staff people in the barns
- same feeding and management
- same live weight at slaughter
- etc.

The animal flow in a production model is the determining factor for the calulations of space requirements (number of pens and animal space), and the number of housing units needed. The following conditions have been used:

- the time from farrow to slaughter (at 112 kg) is 161 days (23 weeks) if moving or regrouping *does not* occur.
- the men carcass weight is 81 kg
- the litter size is taken to be 11.3 liveborn piglets with a piglet mortality of 8 %

- every restriction of the size of the farrowing pen (reference: the 10 sq.meter EKO-pen) means an increased mortality of 0.5 % and every moving of the piglets means another 0.5 % increased mortality
- each moving or regrouping of a litter or a group to a new pen and/or a new unit is considered to extend the fattening period by 1 week
- each moving to a new unit means soaking, cleaning, drying and desinfectioning of the emty one and this is considered *to take 1 week*

The calculations of production costs per kg pork has to be considered from many points of view; i.e. the labour time is highly influenced by the choosen production system.

Considerations have to be taken to movings of animals, cleanings, use of straw, etc. For the FTS-system, a level of 30 minutes per pig produced is chosen and for all other systems are extra labour estimated. The building costs itself, as well as maintenance cost and interests, are quite simple to estimate when all assumptions and conditions have been made up. The manure system used is another factor to be considered because of its influence on amount of straw needed and the N-losses. Deep straw beddings have about 50 % higher N-losses than conventional systems. The total production is about 36 kg N per sow per year including the piglets up till 25 kg.

In the final calculations of total production costs per kg pork in the 4 theoretical production models as many factors as possible were taken into consideration. The calculations showed that the FTS-system had about 9 % lower production costs than the FAM-system; the GRO- and UNI- systems were intermediar.

Tab. 5: Comparison of space required for housing for the 4 theoretical systems

	FAM	**GRO**	**UNI**	**FTS**
Total area per ISIP; sq.meters/relative value	18.99/108	17.51/100	17.06/97	19.96/114
Pen area per ISIP; sq.meters *	13.13	9.62	10.31	10.22
Dung area per ISIP; sq.meters **	1.72	3.46	2.55	5.06
Passages per ISIP; sq.meters ***	3.02	3.69	3.73	4.47
Other per ISIP; sq.meters ****	1.12	0.74	0.47	0.21

* Space required for feeding,bedding and drained floors
** Areas with slatted floors
*** Areas for passages, corridors, etc.
**** Other areas as straw storage, feed storage, etc.

Tab.7: Distribution of production costs according to system

	FAM	**GRO**	**UNI**	**FTS**	**Mean**
% of total costs:					
Feed	48.2	49.0	49.4	49.1	**48.9**
Buildings	28.3	29.9	30.5	31.8	**30.1**
Labour	7.2	8.0	7.1	6.4	**7.2**
Straw	2.9	0.9	0.8	0.7	**1.3**
Other	13.4	12.2	12.2	12.0	**12.5**
Total %	100.0	100.0	100.0	100.0	**100.0**

Tab.6: Production cost comparison of the 4 different theoretical pig production sysstems

	FAM	GRO	UNI	FTS
Production level per ISIP per year:				
No. of pigs born, total	26.0	26.0	26.0	26.0
Mortality - birth to weaning; %	9.5	8.5	8.5	8.0
- weaning to 25 kg; %	1.0	1.0	0.5	0.5
- 25 kg to slaughter; %	2.0	2.0	2.0	1.0
No. of pigs weaned	23.5	23.8	23.8	23.9
No. of pigs at 25 kg	23.3	23.6	23.7	23.8
No. of fatteners produced	22.8	23.1	23.2	23.6
Kg pork	1841	1871	1879	1911
Investment per ISIP; Sw. Crowns:				
Building, frame; write off: 25 years	23821	19942	19527	20709
Building inventory; write off: 15years	14445	14730	14439	16086
" " " 10 years	15806	18252	18800	19539
" " " 5 years	4614	5927	6182	4470
Total investment in buildings per ISIP	58686	58851	58948	60804
Yearly cost/ISIP for building investments*	7652	8032	8107	8098
Costs per ISIP per year in % of total:				
Recruitment	4.09	4.11	4.16	4.33
Sow feed	7.81	7.88	7.88	8.32
Piglet feed	7.23	7.36	7.13	7.42
Growing-finishing feed	33.15	33.72	34.29	33.33
Health and production controls	0.42	0.42	0.43	0.45
Veterinarians and medicine	1.07	1.08	1.05	1.05
Energy, water, etc.	1.86	1.93	1.83	1.76
Boars, inseminations	0.85	0.86	0.87	0.90
Straw, transports	2.96	0.90	0.79	0.73
Value of manure (nitrogen)	-1.0	-2.0	-2.1	-2.2
Labour	7.21	8.01	7.21	6.47
Buiiding frame; write off: 25 years	8.38	7.04	6.98	7.71
Building inventory; write off: 15 years	6.53	6.68	6.63	7.69
" " " 10 years	9.07	10.52	10.97	11.87
" " " 5 years	4.36	5.62	5.93	4.47
Maintenance and minor investments	1.31	1.31	1.33	1.43
Interest on animal capital	0.80	0.80	0.81	0.85
Interest on working capital	3.15	3.08	3.05	3.01
Slaughter condemnations (livers, joints, etc)	0.71	0.71	0.72	0.38
Total %	100.0	100.0	100.0	100.0
Total expense/ISIP/year; Sw. Crowns	**27004.4**	**26893.1**	**26565.3**	**25519.0**
PRODUCTION COST/KG PORK (SW. CROWNS)	***14.67***	***14.37***	***14.14***	***13.35***

In Conslusion the FTS-system appears to combine some very important factors within pig production, that of well-being health as well as that of production economy and efficiency.

Artgemäße Stallhaltungssysteme in der Sauenhaltung unter Berücksichtigung der Baukosten - Dokumentation und ökonomischer Vergleich

SCHAAL ANDREAS, HANS-PETER SCHWARZ UND HERMANN SEUFERT

Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität zu Giessen, Braugasse 7, 35390 Giessen

1 Einleitung

Im Zuge arbeitswirtschaftlicher Notwendigkeiten haben die ehemals stark eingestreuten Haltungsverfahren in der landwirtschaftlichen Tierhaltung etwa ab Mitte der 60er Jahre stroharmen Systemen weichen müssen. Vor allem in den sogenannten Familienbetrieben mit minimalem AK-Besatz von durchschnittlich 1,5 Arbeitskräften haben die Entwicklung und Einführung von strohersetzenden Flüssigentmistungsverfahren zu ebenso großen wie notwendigen Rationalisierungseffekten verholfen. Sowohl die Kosten als auch die Arbeitsbelastungen der Bergung, Lagerung und weiteren Bewirtschaftung des Strohs aber auch die relativ hohen Nährstoffverluste bei der Festmistbereitung haben zur Bevorzugung strohsparender Aufstallungen geführt. In der heutigen Zeit geraten aber herkömmliche, konventionelle Tierhaltungssysteme (Voll- und Teilspaltenställe) in der Öffentlichkeit zunehmend in die Kritik, mehr den Ansprüchen des Menschen als den Anforderungen der Tiere gerecht zu werden. Einstreusysteme gelten im Vergleich zu Spaltenbodensystemen gemeinhin als tiergerechter und umweltfreundlicher. Dabei wird in „Theorie und Praxis" immer wieder folgende Fragestellung diskutiert: „Ist ein Haltungssystem auf Stroh wirklich artgemäß und ist dieses eine wirtschaftliche Alternative zu herkömmlichen Ställen?" Es ist hierbei wichtig, die wesentlichen Gesichtspunkte der betriebswirtschaftlichen Vorzüglichkeit eines Haltungssystems zu erfassen und zu analysieren. Die bedeutendsten Bezugsgrößen sind diesbezüglich der Investitionsbedarf für Stallanlagen, der Arbeitszeitbedarf und die Verfahrenskosten wie beispielsweise die Kosten der Strohbewirtschaftung, die alle gleichermaßen in den Lösungsansatz der Erfolgsrechnung miteinbezogen werden müssen.

2 Problematik kostengünstigen Bauens

Die Ansätze für Gebäude, Einrichtung und Technik sind bei Investitionen die Hauptkostenpositionen, welche als Fixkosten den Gewinn pro Nutzeneinheit senken. Das Kapital landwirtschaftlicher Betriebsgebäude nebst zugehörigen baulichen Einrichtungen und Anlagen stellt bekanntermaßen das aufwendigste Betriebsmittel der Landwirtschaft in der BRD dar. Dennoch ist ein Großteil der verfügbaren Bausubstanz erneuerungsbedürftig und oft wenig geeignet, den ökonomischen Anforderungen an die Betriebsmittel gerecht zu werden, was bedeutet, das optimale Produktionsverfahren nach Art und Menge für eine Produktionsrichtung an einem hierfür geeigneten Standort kostenminimal zu verwirklichen. Die unbefriedigende Effizienz landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude hat verschiedene Gründe, wie beispielsweise die Langfristigkeit ihrer Nutzung, entwicklungsbedingte überproportionale Entwertung während dieser Zeit, spezifische unterschiedliche Ansprüche aus landesbezogenen Auflagen für die Erstellung und den Betrieb von Stallanlagen und nicht zuletzt ein nicht unbeträchtliches Maß an Informationsdefiziten. Ebenso unbefriedigend sind

die notwendigen entscheidungsstützenden Abschätzungen baulicher Investitionen und der daraus resultierenden Kosten nach Umfang, Zusammensetzung sowie nach ihrer zeitlichen Auswirkung. Für voll ausgestattete landwirtschaftliche Betriebsgebäude, insbesondere für Stallanlagen gibt es so gut wie keinen **Listenpreis**. Demgegenüber wäre jedoch zu erwarten, gerade bei Investitionssummen für Stallanlagen von mehreren Hunderttausendmark, daß vor Beginn jeder Baumaßnahme der zu erwartende Kapitalbedarf und dessen zeitbezogenen Kosten als Grundlage der Finanzierungsplanung sowie einhergehenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen hinreichend genau vorliegen.

3 Vorgehensweise

In diesem Beitrag sollen vier praxisbewährte Stallanlagen aus der Ferkelproduktion vorgestellt werden. Hierbei werden drei alternative Haltungssysteme, einen Wartesauenstall mit integriertem Deckzentrum, eine Stallanlage mit Schmid-Abferkelbuchten sowie ein Ferkelaufzuchtstall im Schrägmistverfahren beschrieben, die in ihrem Haltungssystem Stroheinstreu voraussetzen. Die betrachteten Aufstallungssysteme werden als Haltungsvariante 1 zusammengefaßt und in ihrer Gesamtheit mit den entsprechenden Kostenpositionen für einen Kompaktstall mit 96 Sauenplätzen (herkömmliche Aufstallungsvariante) gegenübergestellt. Dabei wird ein einheitlicher Hygiene- und Gesundheitsstatus sowie ein vergleichbares Herdenmanagement mit ähnlichem Produktionserfolg unterstellt. Als ökonomische Zielgröße dient dabei die Kennzahl „Kosten pro Sauenplatz". Die betrachteten Vergleichskostenpositionen sind einmal die Baukosten, die Arbeitskosten sowie die Verfahrenskosten der Strohbergung, -lagerung und -bewirtschaftung. Ziel ist dabei, ein Kostenvergleich der beiden Vergleichsvarianten pro Nutzeneinheit aufzuzeigen.

Die Erfassung und Darstellung der Baukosten ist nach der Gebäudeelementmethode DIN 276 (Kosten im Hochbau) in 7 Kostengruppen vorgenommen worden: Grundstück (100), Erschließen (200), Baukonstruktion (300), Technische Anlagen (400), Außenanlage (500), Ausstattung (600) und Baunebenkosten (700). Bei dem in diesem Betrag dokumentierten Baukostenvergleich sind lediglich die Hauptkostengruppen 300 (Bauwerk / Baukonstruktion), 379 (Baukonstruktive Einbauten „Landwirtschaft") sowie die Kostengruppen 400 (Bauwerk / Technische Anlagen) und 479 (Nutzungsspezifische Anlagen „Landwirtschaft") berücksichtigt worden. Die weiteren Kostengruppen wurden mit der Maßgabe nicht in die Berechnungen miteinbezogen, da betriebsspezifische Besonderheiten, wie beispielsweise Grundstücks- und Erschließungskosten (Kostengruppe 100) einen objektiven Baukostenvergleich nicht zugelassen hätten. Mit der Vorgabe, die Baukosten mit vereinheitlichten Preisen darzustellen, wurden bei der Baukostenbetrachtung die **ALB - Richtpreise Hessen** (Ausgabe 1994/95) für den Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude und ländlicher Wohnhäuser zugrunde gelegt und eine schlüsselfertige Bauvergabe und -ausführung unterstellt.

Bei der Berücksichtigung spezifischer Kostenansätze für Strohbewirtschaftung und Arbeitserledigung ist auf Daten einschlägiger Fachliteratur zurückgegriffen worden.

4.1 Alternative Sauenhaltungssysteme

4.1.1 Großgruppen - Wartesauenhaltung im Kaltstall

In dieser freitragenden Hallenkonstruktion können 120 - 130 Wartesauen in einer Großgruppe gehalten werden. Das angegliederte Deckzentrum ist zudem für etwa 35 Sauen sowie 7 Eber vorgesehen, darüberhinaus werden in einer Flächenausgleichsbucht 15 - 20 Jungsauen als Remonten bereitgehalten. Insgesamt können in dieser Stallanlage etwa 170 Tiere untergebracht werden. Die planbefestigte Grundfläche (525 m^2) des Stallinnenraumes sowie der Zufahrtswege gewährleisten eine gute Befahrbarkeit und damit einen guten Mechanisierungsgrad für den Arbeitsablauf (Entmisten, Stroheinlagerung). Bei der Grundkonzeption des Stalles sind damit Vorgaben alternativer Nutzungsmöglichkeiten für die Zukunft miteinbezogen. Das Stallgebäude kann dabei in fünf Teilbereiche untergliedert werden: Liegebereich / Strohlager: 245 m^2; Entmistungsfläche: 122,5 m^2; Deckzentrum / Jungsauenaufzucht: 122,5 m^2; Kontrollgang: 35 m^2 und überdachtes Stroh- und Mistlager: 90 m^2. Der aus einer Betonskelettkonstruktion bestehende Stall ist an den Längsseiten ab einer Höhe von 2,00 m mit einer 1,00 m hohen durchgehenden Zuluftöffnung versehen, die gegen Zugluft mit Windbrechnetzen ausgekleidet werden können. Die Abluft verläßt den Stall aufgrund thermischer Effekte (Schwerkraftlüftung) durch die Firstöffnung. Die Trauffirstentlüftung mit lichtdurchlässigen Ondulinenplatten sowie die beschriebenen Wandöffnungen (Abmessung: 1 m * 35 m) an den Längsseiten des Stallgebäudes bedingen einen hohen Grad natürlicher Belichtungsintensität und Beleuchtungsdauer. Die voll isolierte Stalldecke aus Styrofoam mit Antitropfbeschichtung gewährleistet, daß die außenklimatischen Witterungsschwankungen (Hitze, Kälte) im Stallinnenraum eingegrenzt werden. Das Gebäude dient darüberhinaus als Lagerungsort für den im Stall benötigten Strohbedarf eines Jahres. Der gesamte Strohverbrauch im Wartesauen- und Deckbereich beläuft sich auf 1,1 kg pro Tier und Tag, was einem Jahresstrohverbrauch von 70 to entspricht. Die Fütterung erfolgt über 3 Abrufstationen mit jeweils angegliederter Selektionsbucht. Der Liegebereich ist durch geschlossene Holztrennwände von dem Mistgang deutlich abgegrenzt, um eine Verunreinigung des Liegekessels zu vermeiden. Der Laufgang bzw. Aktivitätsbereich der Tiere ist gleichzeitig Entmistungsgang, wobei die Entmistung täglich mit Schlepper und Schiebeschild erfolgt. Dabei ist eine völlige Abtrennung der Liegebereiche von dem Laufgang erforderlich. Der gesamte Wartebereich setzt sich somit aus Liegefläche und Entmistungsfläche zusammen und umfaßt ca. 360 m^2 und ergibt somit ein durchschnittlichem Grundflächenangebot von nahezu 3 m^2 pro Tier. Die Sauen im Deckzentrum werden in Kleingruppen von 3-7 Tieren gehalten, dabei sind die Tiere während des Fütterungsvorganges in Kastenständen fixiert. Die Fütterung erfolgt per Hand, da hiermit ein Mindestmaß an täglicher Tierkontrolle gewährleistet wird. Die Stalleinheiten dieses Haltungsbereichs sind als Freßliegebuchten ausgestaltet. Die Eingliederung der belegten Tiere in die Großgruppe erfolgt über die jeweiligen Futterstationen. Die Eberbuchten liegen direkt am Entmistungsgang, um hierdurch den Sauen im Wartebereich einen ständigen Eberkontakt zu ermöglichen und eventuelle Umrauscher erkannt werden können.

Tab. 1: Baukostenauflistung und Zusammenfassung (in DM):

Nr.	**Kostengruppe**	Gesamtkosten	Kosten je Tierplatz
300	Bauwerk Baukonstruktionen	374.775	2.205
379	Baukonstruktive Einbauten „Landwirtschaft“	8.000	47
400	Bauwerk Technische Anlagen	24.200	142
479	Nutzungsspezifische Anlagen „Landwirtschaft“	79.008	465
	Gesamtkosten	**485.983**	**2.859**

4.1.2 Die Schmid Abferkelbucht

Konventionelle Abferkelbuchten sind u.a. besonders darauf ausgerichtet, die Probleme des Ferkelerdrückens und der Entmistung mittels technischer Maßnahmen zu lösen. So vermag eine Fixierung der Sau im Kastenstand die Erdrückungsverluste auf ein wirtschaftlich tragbares Maß zu verringern und die Muttersau wird auch daran gehindert in der gesamten Bucht zu koten und zu harnen. Die Abferkelbucht nach Schmid enthält die notwendigen Strukturen, damit sich die Muttersau und ihre Ferkel unter möglichst platzsparenden Haltungsbedingungen natürlich verhalten können. Das Haltungssystem ist grundsätzlich in einen Nest- und einen Aktivitätsbereich unterteilt. Der Nestbereich soll der Muttersau wie unter natürlichen Lebensbedingungen einen trockenen Platz mit erhöhter Deckung bieten, sodaß sie dort ihr Geburtsnest baut und darin abferkelt. Deshalb muß dieser Bereich der Abferkelbucht eingestreut (Strohverbrauch: 2,5 kg Tier und Tag), von Wänden umgeben und durch die Deckungswand (Ferkelnest mit Wärmelampe) gegen den Aktivitätsbereich hin abgeschirmt sein. Zusätzlich befindet sich zwischen diesen beiden Funktionsbereichen ein etwa 10 cm hohes Strohabweisbrett. Der Aktivitätsbereich soll den Tieren die Verhaltensweisen der Nahrungsaufnahme, des Ausscheidens und des Erkundens, die sie in der freien Natur auch außerhalb des Geburtsnestes ausführen, ermöglichen. Dieser muß somit die Fütterungs- sowie die Tränkevorrichtungen enthalten. Durch sichtdurchlässige Rohrtrenngitter wird der Aktivitätsbereich optisch vergrößert und die Tiere besitzen hierdurch Sichtkontakt zu den Nachbarbuchten eines Stallabteils. Die Raufe muß bei jeder Fütterung mit frischem Stroh oder Heu nachgefüllt werden. Dadurch wird verhindert, daß die Muttersau, nach dem schnell aufgenommenen Futterkonzentrat im Futtertrog, die darauf folgende Aktivitätsphase in den Nestbereich verlegt, diesen vermehrt verschmutzt und das Nestmaterial auffrißt. Die Tatsache, daß die Muttersau und die Ferkel zum Koten und Harnen das Geburtsnest verlassen, bringt neben hygienischen auch verfahrenstechnische Vorteile. Da Kot und Harn größtenteils im Aktivitätsbereich anfallen, kann dieser einfach von Hand entfernt werden. Eine teilmechanisierte Entmistung (Schubstange) ist je nach Anordnung mehrerer Abferkelbuchten nebeneinander möglich. Die Fütterungsvorrichtungen sind einfach zu bedienen. Zudem ist diese Abferkelbucht eigenleistungsfreundlich und eignen sich für Warm- und Kaltställe. Das höhere Grundflächenangebot (3,0 m * 2,5 m = 7,5 m^2) bedingt aber auch einen Mehraufwand an umbautem Raum im Vergleich zu herkömmlichen Abferkelbuchten (1,8 m * 2,4 m = 4,3 m^2), was wiederum mit einer Baukostensteigerung verbunden ist. Der anfallende Arbeitszeitbedarf je Tier und Tag darf im Vergleich zu konventionellen Abferkelsystemen ebenso wenig wie die erschwerte Tierkontrolle oder auch Behandlung (z.B.: Geburtsüberwachung) vernachlässigt werden.

Tab. 2: Baukostenauflistung und Zusammenfassung (in DM):

Nr.	**Kostengruppe**	Gesamtkosten	Kosten je Tierplatz
300	Bauwerk Baukonstruktionen	84.430	1.759
379	Baukonstruktive Einbauten „Landwirtschaft“	17.400	362
400	Bauwerk Technische Anlagen	10.000	208
479	Nutzungsspezifische Anlagen „Landwirtschaft“	16.100	336
	Gesamtkosten	**127.930**	**2.665**

4.1.3 Ferkelaufzucht in Schrägmistaufstallung

Beim Ferkelaufzuchtstall mit Schrägmistverfahren handelt es sich um eine Umbaulösung eines ehemaligen Kuhstalls. Zur besseren Vergleichbarkeit sind die Kostenpositionen für den umbauten Raum für eine entsprechende Mehrzweckhalle miteinbezogen worden. Zu beachten ist, daß die Ferkel in diesem Haltungssystem vom Absetzen bis zu einem Durchschnittsgewicht von 30 kg LG gehalten werden. Die erforderliche Buchtengrundfläche liegt nach der Tierhaltungsverordnung bei 0,33 m^2 je Ferkelaufzuchtplatz. Der planbefestigte Boden dieses Aufstallungssystems weist ein Gefälle von annähernd 10 % auf. An der „Bergseite“ befindet sich eine Strohraufe (Stababstand bei Häckselstroh 8 cm und bei Langstroh 10 cm) aus der sich die Ferkel selbst bedienen und gleichzeitig einstreuen können. Der Futterautomat ist an der Längsseite der Buchtentrennwände angebracht und wird durch einen Rohrseilförderer befüllt. Der Strohbedarf beträgt etwa 0,2 kg pro Tier und Tag, woraus sich ein Gesamtstrohbedarf von 0,1 dt pro Ferkel in diesem Aufzuchtstadium ableitet. Die Liegezone befindet sich im mittleren Buchtenbereich, der teilweise mit einer Abdeckung geschützt ist. An der „Talseite“, wohin das Stroh durch die Aktivität der Ferkel allmählich fließt, legen diese den Kotplatz an. Stroh und Kot werden von den Tieren unter dem Buchtentrenngitter in den tiefergelegenen Mistgang getreten. Die Entmistung erfolgt per Schubstangenentmistung, wobei der Mistkanal durch erhöhte Gußroste (10 cm) abgedeckt ist, um die Nutzung als Kontroll- und Treibgang zu ermöglichen. In den Einflächenbuchten müssen die Tiere die Funktionsbereiche „Liegen“ und „Koten“ selbst anlegen. Der Liegebereich ist mit einer Abdeckung versehen, um den eingestallten Tieren die Annahme der Liegefläche zu erleichtern. Diesbezüglich besteht im Sommer vor allem bei zu geringer Strohmenge die Gefahr, daß die Buchten verunreinigen.

Tab. 3: Kostengliederung und Zusammenfassung (in DM):

Nr.	**Kostengruppe**	Gesamtkosten	Kosten je Tierplatz
300	Bauwerk Baukonstruktionen	54.193	164
379	Baukonstruktive Einbauten „Landwirtschaft“	16.648	50
400	Bauwerk Technische Anlagen	27.255	83
479	Nutzungsspezifische Anlagen „Landwirtschaft“	35.914	109
	Gesamtkosten	**134.010**	**406**

4.2 Kompaktstallanlage mit 96 Sauenplätzen

Der ausgewählte Kompaktstall ist für 96 Muttersauen und dazugehöriger Ferkelaufzucht konzipiert. Die Stallplanung (Berkner, 1991) erfolgte nach bekannten Raum- und Funktionsprogrammen und beinhaltet, daß der Stall um Einheiten von jeweils 24 Tieren, entsprechend dem Wochenrythmus und der Gruppengröße (3 * 8 Tiere), erweiterbar ist. Der Zuchtsauenstall ist als eingeschossiges Gebäude in Massivbauweise mit Satteldach errichtet, wobei das Stallgebäude grundsätzlich in zwei Stallhälften unterteilt ist. Auf der einen Stallseite befindet sich der Wartesauenbereich in Gruppenhaltung mit Abruffütterung und angegliederten Intensivdeckzentrum. Zusätzlich sind in dieser Stallhälfte die Räumlichkeiten für Büro und der Hygieneschleuse mit Dusche für das Bedienungspersonal eingerichtet. Gegenüberliegend sind je drei Abferkel- und Ferkelaufzuchtabteile angeordnet. Das Entlüftungssystem ist als Unterdruck- Unterflurabsaugung ausgelegt. Der zentrale Entlüftungsschacht befindet sich unter dem Erschließungsgang des Gebäudes und besitzt dabei eine Höhe von etwa 1,20 m. Seitenluftschächte, die sich unter jeden Futtergang eines Stallabteils befinden, stehen mit diesem Zentralentlüftungsschacht in Verbindung. Die Abluftrate und die damit verbundene Raumtemperatur kann für jedes Stallabteil über einen Lüftungscomputer getrennt geregelt werden. Hierzu sind die Öffnungen der Verbindungsstelle (Zentralluftschacht / Seitenluftschächte) über Stellmotoren regelbar. Das Gülleentmistungssystem ist in einzelne Güllekammern unterteilt und ist nach dem „Badewannenprinzip“ aufgebaut. Die Güllekanäle besitzen in Anlehnung an die Abmessungen der Luftschächte eine vergleichsweise große Höhe und darüberhinaus erweist sich die Einrichtung von relativ kleinen, separat abgemauerten Güllekammern unter jedem Stallabteil als kostenintensives Entmistungssystem. Das Gülleablaufsystem über eine zentrale Ablaufleitung erfolgt in Steinzeugrohren mit einem Durchmesser von 250 mm. Die Außenwände sind in 36,5 cm dicken Wärmedämmsteinen ausgeführt. Diese setzen sich auf eine Betonaufkantung, welche wiederum mit der Betonplatte als Güllewanne ausgebildet ist. Die Innenwände sind mit 24 cm Kalksandsteinen gemauert. Die Dachkonstruktion ist mit Nadelholzbindern bei einer Dachneigung 15° ausgeführt. Das Sparrendach ist mit farbigen Wellplatten und Wellfirstlüftern zur Dachbelüftung ausgelegt. Die Stalldecke aus Alu-Trapezblech ist mit einer Styroporschüttung (15 cm) durchgehend isoliert. Die Gänge und Festflächen sind mit Betonglattestrich ausgelegt. Der Wartesauenbereich und das Deckzentrum sind mit Betonflächenspalten, die 3 Abferkelabteile sowie die 3 Stalleinheiten zur Ferkel-aufzucht sind mit Dreikantgußrosten ausgeführt.

Tab. 4: Baukostenauflistung und Zusammenfassung (in DM):

Nr.	**Kostengruppe**	Gesamtkosten	Kosten je Tierplatz
300	Bauwerk Baukonstruktionen	171.752	1.789
379	Baukonstruktive Einbauten „Landwirtschaft“	316.493	3.297
400	Bauwerk Technische Anlagen	48.742	508
479	Nutzungsspezifische Anlagen „Landwirtschaft“	94.328	938
	Gesamtkosten	**631.315**	**6.576**

5 Ergebniszusammenfassung

Tab. 5: Baukostenvergleich (in DM):

	Variante 1			**Variante 2**
Haltungs-system	Wartesauen im Tiefstreu-bett	Schmid-Abferkelbucht	Ferkelaufzucht in Schrägmistaufstallung (420 Plätze)	Kompaktstall zur Ferkel-produktion
Herdengröße	170	48	125	96
Baukosten	486.000	128.000	170.520	631.300
Baukosten pro Stallplatz	2.860	2.670	1.380	6.570

Die Gesamtbaukosten der alternativen Haltungssysteme von Variante 1 belaufen sich somit auf 6.910 DM je Stallplatz und ergeben zusätzliche **Baukosten von 340 DM pro Nutzeneinheit** im Vergleich zur Kompaktstallanlage (6.570 DM / Stallplatz) mit 96 Sauenplätzen.

Zusätzliche Festkostenbelastung (Baukosten: 340 DM) pro Sauenplatz:

Abschreibung (20 Jahre Nutzungsdauer):	17,00 DM
Zinsansatz (6 % vom halben Neuwert):	10,20 DM
Reparaturen (2% vom Neuwert):	6,80 DM
Summe zusätzlicher Festkostenbelastung:	**34,00 DM**

Zusätzliche Verfahrenskosten pro Sauenplatz:

Strohbergungskosten: 6 DM / dt	
Strohverbrauch: 6 dt / Sau und Jahr:	
Strohkosten / Sau und Jahr:	36,00 DM
Strohverbrauch Ferkelaufzucht: 0,1 dt / Ferkel	
Aufzuchtleistung: 20 Ferkel / Sau und Jahr	
Strohverbrauch / Ferkelaufzucht: 2 dt / Sau und Jahr	
Strohkosten / Sau und Jahr:	12,00 DM
Summe Strohkosten:	**48,00 DM**

Zusätzliche Arbeitskosten:

Arbeitszeitbedarf (Kompaktstall): 16 Akh/Sau und Jahr	
Arbeitszeitbedarf, Einstreu (Variante 1): 20 Akh / Sau und Jahr	
Zusatzarbeitskosten: 4 Akh * 25 DM / Akh:	**100,00 DM**

In der Gesamtsumme ergibt sich eine Mehrkostenbelastung der alternativen Haltungssysteme im Vergleich zum Kompaktstall von **182 DM** pro Sau und Jahr. Bei einer unterstellten Aufzuchtleistung von 20 Ferkeln pro Sau und Jahr wird damit der Gewinn pro erzeugtes Ferkel um **9,10 DM** reduziert.

6 Schlußbetrachtung

Der beträchtliche Investitionsbedarf in der Veredelungswirtschaft erfordert möglichst präzise, vorausgehende Abwägungen zur ökonomischen Tragfähigkeit vorgesehener baulich - technischer Maßnahmen. Nach dem Prinzip der Minimalkosten - Kombination wird sie erkennbar und ist bei der Planung zu berücksichtigen, ebenso die - zeitlich begrenzte - Stabilität eines ermittelten Kostenoptimums. Dieses setzt sich bekanntermaßen für Produktionsprozesse aus den Investitions-, Arbeits- und Verfahrenskosten zusammen. Die bei der Verschiebung dieses Optimums aufgrund dynamischer Rahmenbedingungen möglichen Kostensenkungen sind zu nutzen, z. B. durch Verfahrensvariationen. Im Hinblick darauf ist auch die Einbeziehung notwendiger Einstreu im Sinne artgemäßer Tierhaltung zu bewerten. Die anspruchsvollen Aufgaben bei der Planung und praktischer Umsetzung von artgemäßen, tiergerechten und gleichzeitig technisch wie ökonomisch effizienten Stallsystemen sind dabei nicht zu unterschätzen.

7 Literaturverzeichnis

ALB (Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Bauwesen Hessen e. V.) Hessen: Richtpreise für den Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude und ländlicher Wohnhäuser, Ausgabe 1994 / 95.

BERKNER, F. UND J. LORENZ (1991): Produktionstechnik für Sauenhaltung mit Rentabilitätsberechnung. In: ALB Schrift Nr. 53 / 1991, S. 37-62.

HAIDN, B. UND H. SEUFERT (1996): Kostenanalyse eingestreuter und strohloser Haltungsverfahren für Milchvieh. DLG Arbeitsunterlagen, Frankfurt.

RITTEL, L.(1995): Bayrische Landesanstalt für Landtechnik, TU Weihenstephan. In: ALB Bayern Schweinehaltung - Neue Haltungstechniken und Stallsysteme für Zucht und Mast, München.

SEUFERT et. al. (1995): Kostensparende Lösungen für Stallanalgen; In: Justus - Liebig - Universität: Ergebnisse landwirtschaftlicher Forschung 1995, Heft 12, S. 69-94, Giessen.

SEUFERT, H., SCHWARZ, H.-P. und A. SCHAAL (1996): Tiergerechtes und kostengünstiges Bauen in der Schweinehaltung - Auftragsstudie vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, Mainz.

SEUFERT et. al. (1996): Abschlußbericht des Pilotprojektes: Artgerechte Tierhaltung in Hessen - Schweine, Giessen.

SUNDRUM, A., ANDERSSON, R. UND G. POSTLER (1994): Tiergerechtigkeitsindex - 200: Ein Leitfaden zur Beurteilung von Haltungssystemen; S. 1-22, Köllen Druck und Verlag GmbH, Bonn.

TROXLER, J. UND H. KRÖTZL (1995): Tiefstreuställe für Galtsauen - Eine tiergerechte Haltungsform für nicht wärmegedämmte Ställe. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, FAT Bericht Nr. 470, Tänikon.

WEBER, R. UND H. SCHMID (1992): Abferkelbuchten ein neues Konzept - Entwicklung und Anwendung. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, FAT Bericht, Nr. 417 / 5, Tänikon.

Die Bedeutung der Eberbesuche von Sauen für die automatische Rauschedetektion

STUBBE, LARS.[1]; MATHIAS BICHMANN [1]; HEINRICH DE BAEY - ERNSTEN [2]

[1] Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

[2] KTBL, Bartningstr.49, 64289 Darmstadt

1 Einleitung

Bei Gruppenhaltung von Sauen, insbesondere in großen Beständen, ist die Kontrolle über das einzelne Tier erschwert. Eine automatische Rauschedetektion wäre daher eine erhebliche Entlastung für den Landwirt. Dabei bedient man sich des während der Rausche gesteigerten Interesses der Sau am Eber, wobei Häufigkeit und Dauer der Besuche registriert und einer Auswertungsroutine unterzogen werden. Bisherige Untersuchungen lassen aufgrund hoher Anteile von Fehlklassifizierungen eine vollständige Automatisierung der Rauschedetektion nicht zu. Potentielle Gründe dafür sind nicht ausreichendes Datenmaterial, unzulängliche Auswertungsroutinen oder eine mangelnde Eignung des Merkmals 'Eberbesuche von Sauen'.

Ziel des Vorhabens war es festzustellen, ob das Merkmal `Eberbesuche von Sauen´ für die automatische Rauschedetektion als alleiniges Merkmal ausreicht. Dazu wurden in einem Versuchsstall Daten von insgesamt 157 Rauschen gesammelt und ausgewertet.

2 Material und Methode

2.1 Der Versuchsstall

Der Versuchsstall war in die drei Abteile, Deck-, Warte- und Jungsauenabteil untergliedert. Die Sauen wurden im wöchentlichen Rhythmus abgesetzt. Daraus ergaben sich für das Deckabteil Gruppen von 5-6 Tieren, die in Selbstfangfreßständen mit Auslauf gehalten wurden. Diese Sauen wurden einmal am Tag von Hand gefüttert und dabei eingesperrt. Die Rauschekontrolle erfolgte einmal am Tag. Bis zum Zeigen des Duldungsreflexes verblieben die Tiere in der Gruppe, nach dem Belegen wurden sie bis zum Abklingen der Rauschesymptome einzeln gehalten und danach in das Warteabteil umgestallt.

Im Warteabteil wurden die Sauen in einer Gruppe von 50 Tieren an einer Abruffütterung mit Selektionsanlage gehalten.

Die Jungsauen wurden in einer Gruppe von ca. 15 Tieren mit einer Abruffütterung gehalten. Nach dem Zeigen des Duldungsreflexes wurden die Tiere in das Deckabteil umgestallt und dort besamt. Auch sie wurden bis zum Abklingen der Rauschesymptome im Deckabteil in Kastenständen gehalten und danach in das Warteabteil umgestallt.

Die täglichen Arbeiten des Personals im Stall (Abb. 1) waren gegen 12:00 Uhr beendet, so daß nach diesem Zeitpunkt kein menschlicher Einfluß auf die Aktivität der Sauen gegeben war.

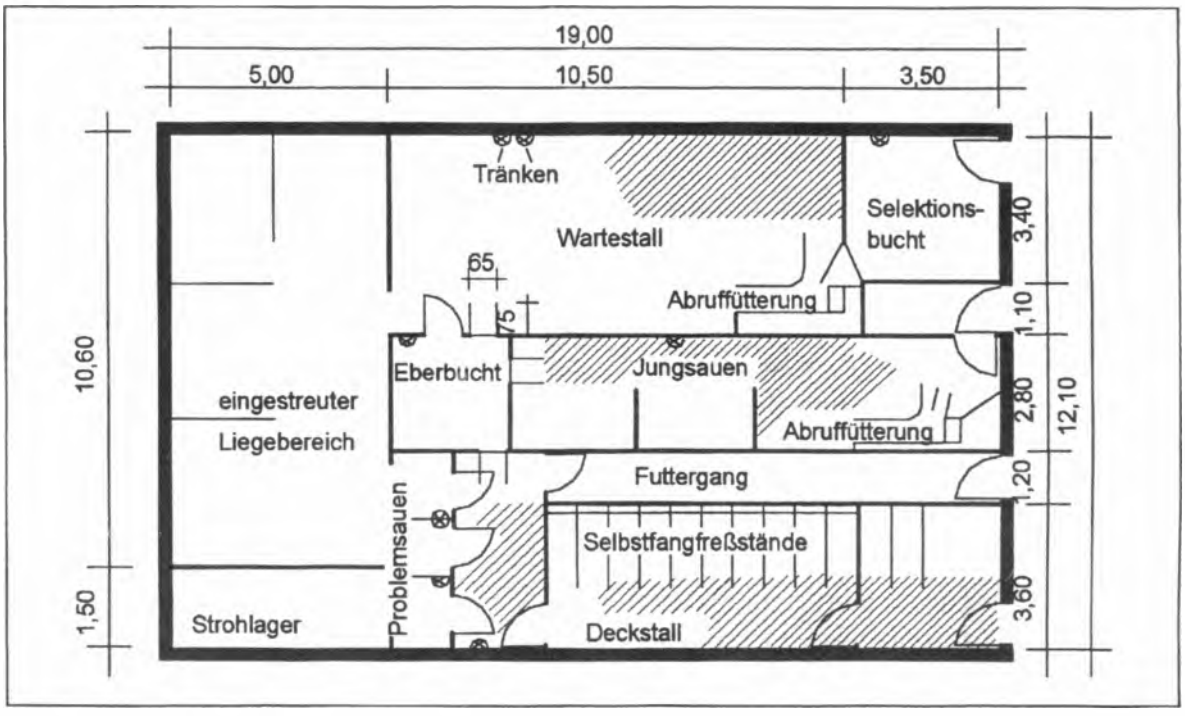


Abb. 1: Grundriß des Versuchsstalls

Die Eberbucht war so plaziert, daß die Sauen aus allen drei Abteilen Kontakt mit dem Eberaufnehmen konnten. Die Eberbucht war mit geschlossenen Holzwänden vom Rest des Stalls abgetrennt. Durch Öffnungen mit Gitterstäben wurden den Tieren naso-nasale Kontakte, Beschnüffeln und Sichtkontakte ermöglicht. An jeder der drei Kontaktstellen waren seitliche Begrenzungen angebracht, um ein Verdrängen von anderen Sauen und gleichzeitige Besuche mehrerer Tiere am gleichen Kontaktfenster zu verhindern

2.2 Datenerfassung und - beschreibung

Jede der drei Kontaktstellen an der Eberbucht wurde mit einer Ringantenne zur Tieridentifizierung ausgestattet, die mit einem PC verbunden war. Die Abfrage vom Computer erfolgte alle 3 Sekunden, um eine genaue Differenzierung der Besuchsdauer zu ermöglichen. Bei jedem Besuch an der Eberbucht wurden folgende Daten erfaßt und gespeichert: die Tiernummer, die Station (1=Warte-, 2=Jungsauen-, 3= Deckabteil), das Datum, die Uhrzeit sowie die Dauer des jeweiligen Besuches.

Zur Datenauswertung lagen Datensätze von 133 zyklusnormalen Rauschen von Altsauen, 13 Rauschen von Jungsauen und 11 Rauschen von umrauschenden Sauen vor.

Im Deckabteil wurde die Zeit vor dem Belegen bis zum Tag des Belegens untersucht. Der Tag des Belegens wird im folgenden als Statustag 0, die Tage vor dem Belegen als Statustage -5 bis -1 bezeichnet. Da rauschende Tiere am Statustag 0 früh morgens besamt wurden und danach 2 Tage einzeln in Kastenständen gehalten wurden, lagen für alle Sauen nur Daten von den Statustagen -5 bis -1 vor.

2.3 Bildung der Variablen

Für jedes Tier wurde zunächst die Anzahl der Besuche je 24 Stunden und die Gesamtdauer der Besuche je 24 Stunden aus den Daten abgeleitet.

Um eine tageszeitlich differenzierte Betrachtung der Besuchsfrequenz zu ermöglichen, wurden die Tage in 6 Klassen zu je 4 Stunden eingeteilt und als Variablen die Anzahl der Eberbesuche je Tageszeitklasse gebildet.

DE BAEY ERNSTEN ET AL. (1991) fand in Versuchen einen deutlichen Anstieg der Besuchsdauer zum Duldungsreflex hin, besonders wird auf den Anstieg der Anzahl der Besuche, die länger als 2 Minuten dauerten, hingewiesen. Um diesen Hinweis aus der Literatur zu berücksichtigen, wurden die Besuche in 9 Dauerklassen unterteilt. Als Variablen wurden die Anzahlen der Besuche je Dauerklasse gebildet.

Zusätzlich wurde das Produkt aus Anzahl und Dauer je 24 Stunden als weitere Variable gebildet. In Übersicht 1 sind die gebildeten Variablen aufgeführt:

Bezeichnung der Variablen	**Beschreibung der Variablen**		
V 1	Gesamtanzahl der Besuche innerhalb 24 Stunden		
V 2	Gesamtdauer der Besuche innerhalb 24 Stunden		
V 3	Anzahl der Besuche zwischen	00:00 und 04:00 Uhr	
V 4	"	04:00 und 08:00 Uhr	
V 5	"	08:00 und 12:00 Uhr	
V 6	"	12:00 und 16:00 Uhr	
V 7	"	16:00 und 20:00 Uhr	
V 8	"	20:00 und 24:00 Uhr	
V 9	Anzahl Besuche mit	< 15 sec	Dauer
V 10	"	15-30 sec	"
V 11	"	30-45 sec	"
V 12	"	45-60 sec	"
V 13	"	60-90 sec	"
V 14	"	90-120 sec	"
V 15	"	120-180 sec	"
V 16	"	180-240 sec	"
V 17	"	> 240 sec	"
V 18	Produkt aus V 1 und V 2		

Übersicht 1: Bezeichnung und Beschreibung der gebildeten Variablen

3 Ergebnisse

3.1 Allgemeines

In Abbildung 2 ist die durchschnittliche Anzahl der Eberbesuche in den verschiedenen Tageszeitklassen aus dem Deckabteil dargestellt.

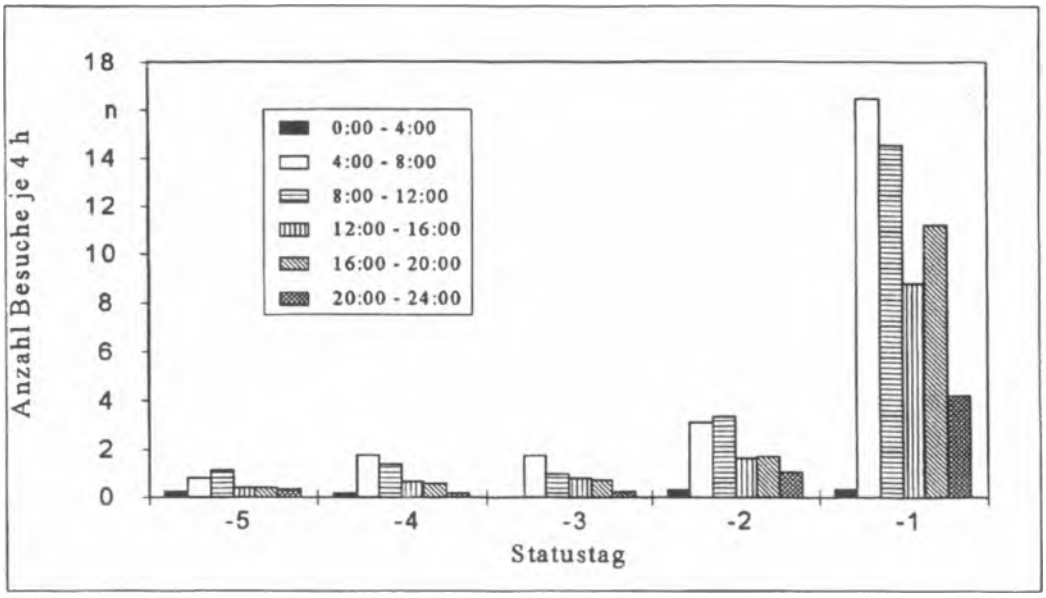


Abb. 2: Durchschnittliche Anzahl von Eberbesuchen in verschiedenen Tageszeitklassen

Aus der Abbildung 2 wird deutlich, daß die Ausprägung der gezeigten Variablen zwischen den Statustagen -2 und -1 eine erhebliche Steigerung erfährt. Diesen charakteristischen Verlauf zeigen auch alle anderen gebildeten Variablen auf jeweils unterschiedlichem Niveau. Die für das Deckabteil getroffen Aussagen bezüglich des grundsätzlichen Verlaufs der Variablen gelten ebenfalls für das Jungsauenabteil und für die Umrauscher im Warteabteil.

Grundsätzlich ist dabei zu beachten, daß es sich hierbei um Gruppenmittelwerte handelt, die keine Aussage über das einzelne Tier zulassen. Die im Stall erhobenen Daten zeigen, daß sich Sauen vereinzelt anders, zum Teil auch gegensätzlich verhalten als es die durchschnittlichen Werte andeuten.

3.2 Modelle mittels Schwellenwerten

3.2.1 Methodischer Ansatz

Die im vorangegangenen Kapitel erwähnte Steigerung in der Ausprägung der Variablen zwischen den Statustagen -2 und -1 bildet die Grundlage für die schwellenwertbezogene Modellbildung. Die Tierindividualität wird hergestellt, indem nicht die absolute Höhe des Anstiegs einer oder mehrerer Variablen berücksichtigt wird, sondern ein sich auf das individuelle Verhalten an den Tagen vorher beziehender Steigerungsfaktor definiert wird.

Um die höchstmögliche Trennschärfe zwischen den Klassifizierungen `Rausche´ und `Nichtrausche´ zu realisieren, wurde für jedes Abteil ein Modell aufgestellt, in das jeweils die Variablen mit den höchsten Steigerungsraten einflossen. dies waren für das Deckabteil V 3, V 11 und V 18, für das Jungsauenabteil V 6, V 10 und V 18, und für die Umrauscher im Warteabteil, V 9, V 10 und V 18.

Die Klassifizierung `Rausche´ erfolgte, wenn bei einem Tier zwischen den betrachteten Statustagen ein Anstieg um die Faktoren 2 oder 4 in einer der jeweils genannten Variablen zu verzeichnen war.

Für alle Abteile war der Statustag -1 als Rauschetag und die vorherigen Tage als Nichtrauschetage definiert.

3.2.2 Ergebnisse und Diskussion der Schwellenwertmodelle

In Abbildung 3 sind die Klassifizierungsergebnisse der Modelle für die 3 Abteile unter Maßgabe des Steigerungsfaktors 2 dargestellt.

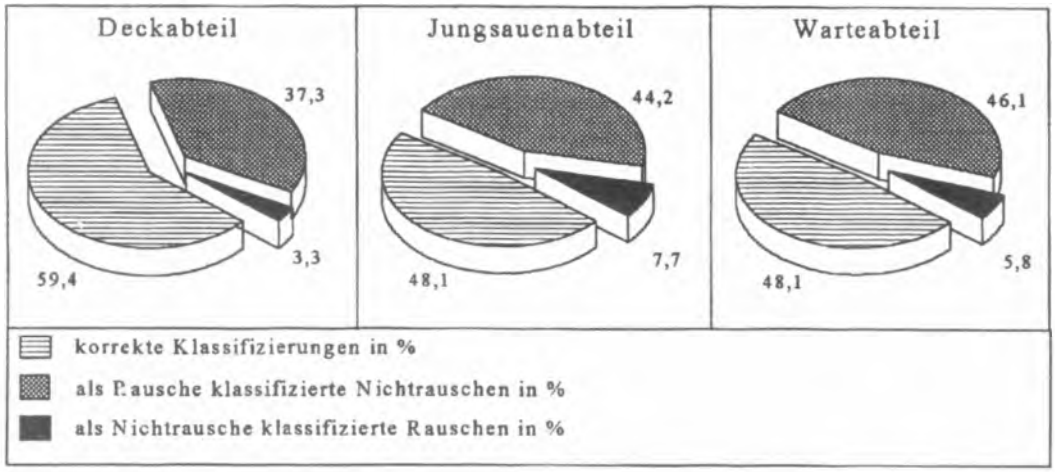


Abb. 3: Klassifizierungsergebnisse der Schwellenwertmodelle mit Steigerungsfaktor 2

Auffallend bei allen Abteilen ist die strukturelle Gleichförmigkeit der Klassifizierungssicherheiten. Die Anteile korrekter Klassifizierungen sind im Bereich von 50 % bis 60 % angesiedelt. Gut 40 % aller vorgenommen Klassifizierungen sind falsch-positive Meldungen und in gut 5 % aller Meldungen wurden tatsächlich aufgetretene Rauschen nicht erkannt.

Ein Grund für die hohen Anteile falsch-positiver Meldungen kann sein, daß der Steigerungsfaktor zu niedrig angesetzt ist, so daß nicht rauschebedingte Aktivitätssteigerungen bereits eine Rauschemeldung auslösen. Zur Überprüfung wurde in einem zweiten Schritt der Steigerungsfaktor von 2 auf 4 erhöht. Die Klassifizierungsergebnisse dieser Modellrechnung sind in Abbildung 4 dargestellt.

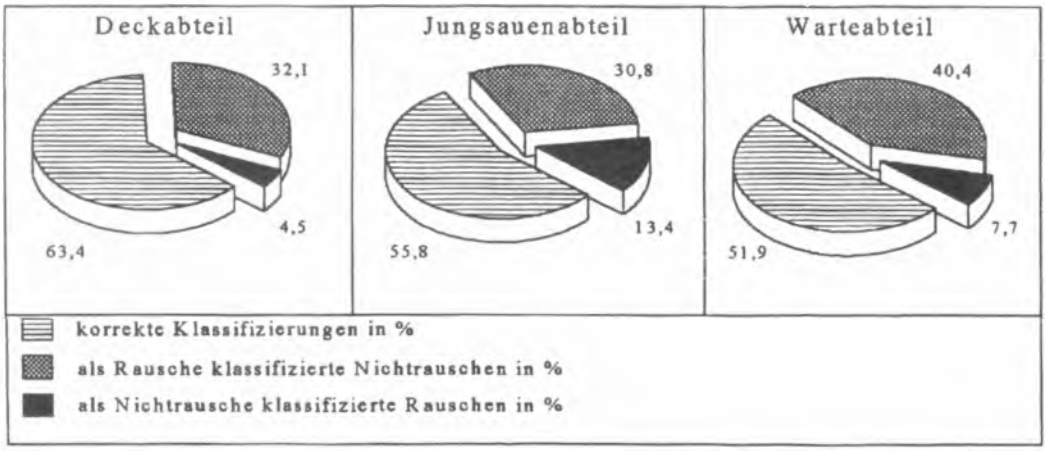


Abb. 4: Klassifizierungsergebnisse der Schwellenwertmodelle mit Steigerungsfaktor 4

Aus Abbildung 4 wird deutlich, daß die Anhebung des tierindividuellen Schwellenwertes eine leichte Zunahme der korrektern Klassifizierungen bewirkt. Aus den zurückgegangenen Anteilen falsch positiver Meldungen ist ersichtlich, daß ein Teil der nicht rauschebezogenen Aktivitätspeaks der Tiere nun als solche eingestuft werden. Die wirtschaftlich besonders bedeutsamen Anteile der nicht erkannten Rauschen allerdings steigen an. Hier wird deutlich, daß eine Veränderung des tierindividuellen Schwellenwertes keine entscheidende Verbesserung der Erkennungsrate bewirkt. Daraus ist zu schließen, daß der Grund für die unbefriedigenden Ergebnisse weniger in den Parametern als vielmehr in der Struktur des Schwellenwertmodelles zu suchen ist.

3.3 Modelle mittels Diskriminanzanalyse

3.3.1 Methodischer Ansatz

Aus diesem Grunde wurde mit der Diskriminanzanalyse ein anderer Modellansatz gewählt. Dieser besteht darin, daß eine Gleichung aufgestellt wird, in die alle gebildeten Variablen einfließen. Die einzelnen Variablen werden automatisch mit Wichtungskoeffizienten dergestalt versehen, daß eine optimale Trennschärfe zwischen rauschenden und nichtrauschenden Sauen erreicht wird.

Da es sich bei einer automatischen Rauschedetektion um ein Vorhersagemodell handelt, wurde ein Ansatz gewählt, der diese Vorgehensweise simuliert. Dabei wird innerhalb des zu untersuchenden Zeitraumes vor der Rausche ein Block von 3 aufeinanderfolgenden Tagen gebildet. Der Tag, der der Rausche am nächsten liegt, ist der Klassifizierungstag, die beiden anderen sind Betrachtungstage. Für jeden Tag vor der Rausche wurde die Klassifizierung so festgelegt, daß der Tag 0 als Rauschetag und alle vorhergehenden Tage als Nichtrauschetage galten. Es wurde nun geprüft, in welcher Beziehung die Ausprägungen der Variablen an den Betrachtungstagen zu dem Status des Klassifizierungstages stehen. Durch die schrittweise Verschiebung des oben genannten Blockes werden alle Tage des zu untersuchenden Zeitraumes geprüft, bis schließlich für den Rauschetag 0 die Tage -1 und -2 daraufhin untersucht sind, ob die Variablen eine Vorhersage auf den Rauschestatus zulassen.

3.3.2 Ergebnisse und Diskussion der Diskriminanzanalyse-Modelle

In Abbildung 5 sind die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse für alle Abteile dargestellt.

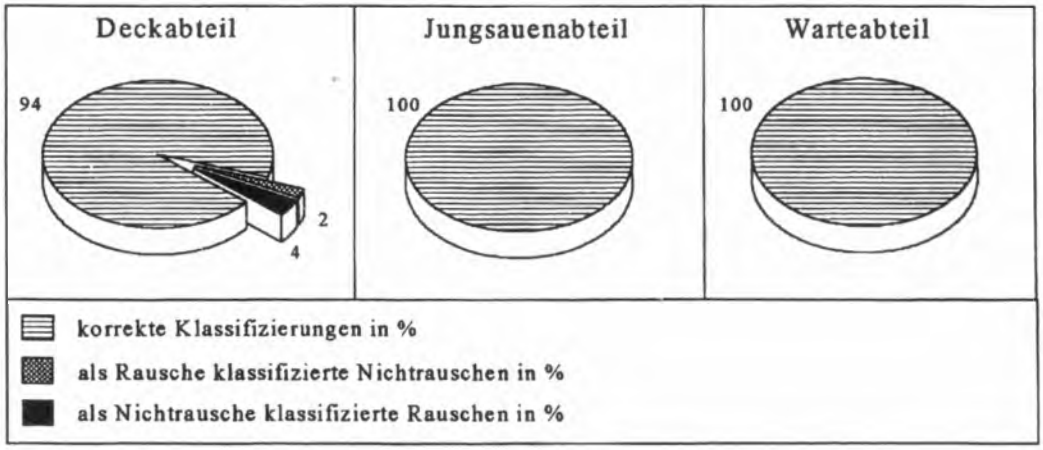


Abb. 6: Klassifizierungsergebnisse der Diskriminanzanalyse-Modelle

Abbildung 5 zeigt, daß die Diskriminanzanalyse zu erheblichen Verbesserungen der Klassifizierungssicherheit in allen Abteilen führt. Im Deckabteil sind 94 % der Klassifizierungen korrekt. Eine vollständige Trennung zwischen rauschenden und nichtrauschenden Sauen wurde im Jungsauenabteil und im Warteabteil erreicht. Dabei ist aber die geringe Stichprobengröße von 13 bzw. 11 Rauschen zu beachten.

Um die Frage der Übertragbarkeit des für eine Gruppe optimierten Modells auf andere Sauengruppen zu klären, wurden die Rauschen im Deckabteil nach dem Zufallsprinzip in 2 Gruppen unterteilt. Gruppe 1 enthielt 66, Gruppe 2 67 Rauschen. Mit den Daten der Gruppe 1 wurde erneut eine Diskriminanzanalyse durchgeführt. Die errechnete Funktion wurde danach auf die Daten der Rauschen in Gruppe 2 angewandt. Die Klassifizierungen sind in Abbildung 6 dargestellt.

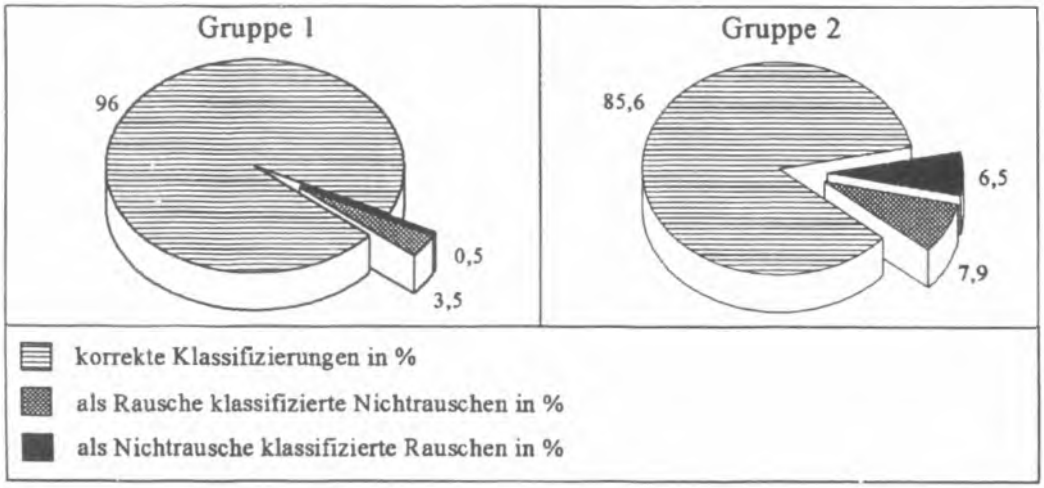


Abb. 6: Klassifizierungsergebnisse von Modell- und Testgruppe

Aus Abbildung 6 wird deutlich, daß der Anteil der korrekten Klassifizierungen in der Modellgruppe auf 96 % ansteigt. Wird die für diese Gruppe errechnete Diskriminanzfunktion auf eine andere, in der Modellbildung nicht berücksichtigte Gruppe angewandt, sinkt der Anteil der korrekten Klassifizierungen erheblich auf knapp 86 %. Die Übertragbarkeit eines mit Hilfe der Diskriminanzanalyse aufgestellten Modells ist also nicht gegeben.

4 Fazit

Im Hinblick auf das zugrunde liegende Datenmaterial und dessen umfangreiche statistische Bearbeitung ist grundsätzlich zu konstatieren, daß mit dem Merkmal 'Eberbesuche' als alleiniges Merkmal ca 85 % aller automatisch durchgeführten Klassifizierungen von rauschenden und nicht rauschenden Sauen mit einem diskriminanzanalytischen Modell korrekt sind. Dieser Wert ist für die Praxis zu gering, um dem Praktiker die Arbeit der Rauschedetektion vollständig zu ersparen. Es erscheint aber möglich, daß bei Hinzunahme weiterer Merkmale, die ebenfalls automatisch erfaßt werden können, die Rate der korrekten Klassifizierungen auf über 95 % und somit in einen praxisrelevanten Bereich gesteigert werden kann.

5 Literatur

DE BAEY-ERNSTEN, H.; H.J. HEEGE; P. HOPP, (1991): Abruffütterung für Sauen RKL-Schrift 4.2.2, Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft Kiel, 1991, S. 682-685

HOUWERS, H.W.J. (1988): Locality Registration as a Way of Heat Detection in an Integrated Group Housing System for Pigs. Proceedings of the International Congress on Applied Ethology in Farm Animals. Skara, 1988 (edited by Unselm, J.; Putten, G. van; Zeeb, K.; Ekesbo, I.), S. 44-50

STUBBE, LARS (1996): Entwicklung eines Tierindividuellen Rechenmodells für die automatische Rauschedetektion. Diplomarbeit, Kiel

Vergleich alternativer Haltungsverfahren von Mastschweinen im Kaltstall auf Einstreu zur einstreulosen Haltung in zwangsbelüfteten, wärmegedämmten Ställen

VENZLAFF, FRITZ-WILHELM; GABRIELE KUSCHY; ULRIKE BUCHTA; GUNTHER NITZSCHE

[1] LVAT Ruhlsdorf/Groß Kreutz e.V., Dorfstraße 1, 14513 Teltow/OT Ruhlsdorf

1 Einleitung

Die Aufwendungen für Ausrüstung und Bau beeinflussen die Wirtschaftlichkeit in der Schweinemast immer stärker. Dabei überwiegt auch in Ostdeutschland der Um- und Neubau auf strohlose Haltung in wärmegedämmten Ställen. Inzwischen sind Neubauten von Warmställen unter der "Schallgrenze" von 1000,- DM/Mastplatz, im Bereich 650...950,- DM/ Mastplatz möglich. Dabei ist zu berücksichtigen, daß neue Ställe nach dem neuesten Entwicklungsstand ausgeführt sind, weitgehend optimal hinsichtlich Klimaführung, Wärmedämmung, Einrichtung etc., und von dieser Seite her alle wichtigen Voraussetzungen für hohe Leistungen gegeben sind. Einfache Haltungsverfahren und Stallbaulösungen werden jedoch gerade bei geringer Eigenkapitalausstattung immer wieder nachgefragt. Gleichzeitig damit taucht die Frage auf, welche wesentlichen Unterschiede bestehen, welche eventuellen Nachteile man in Kauf nehmen muß oder ob sich die höheren Aufwendungen für einen Warmstall in der Mast wirtschaftlich auszahlen. Unter diesen Gesichtspunkten wurden die nachstehenden Untersuchungen konzipiert. Insbesondere interessieren zur Zeit die Unterschiede zwischen dem als Alternative in Ostdeutschland häufiger angewendeten und auch weiterhin nachgefragten konventionellen Tiefstreusystem im Kaltstall und dem einstreulos betriebenen beheizten Warmstall.

2 Material und Methodik

In die Untersuchungen wurden insgesamt drei Aufstallungssysteme einbezogen:

- Tiefstreusystem
- Schrägmistaufstallung
- Vollspaltenbodenhaltung.

Diese drei vorhandenen Untersuchungskapazitäten sind wie folgt zu charakterisieren:

a.) Tiefstreusystem: 2 Buchten zu je 18 Mastplätzen; pro Bucht stehen 2 Naßfutterfreßplätze, je mit integrierter Tränke zur Verfügung. Die Nettobuchtenfläche pro Tier liegt bei 1 m². Als Kälteschutz ist über dem Liegebereich eine herunterklappbare Abdeckung nutzbar.

b.) Das Schrägmistsystem: 4 Buchten zu je 8 Mastplätzen pro Bucht, also insgesamt 32 Mastplätze. In jeder Bucht befindet sich ein Naßfutterautomat mit integrierter Tränke. Pro Tier ist eine Nettobuchtenfläche von 1 m² vorhanden. Über dem Liegebereich befindet sich eine herunterklappbare Abdeckung. Das Fußbodengefälle betrug 10%. Tiefstreu- und Schrägmistsystem sind in einem Kaltstall mit freier Lüftung untergebracht (umgebauter Strohbergeraum). Zur Vermeidung von Tropfwasser wurde die innere Deckenschräge zusätzlich mit ca. 40 mm starken Hartschaumstoffplatten wärmegedämmt. Außerdem wird beispielsweise bei starker Son-

neneinstrahlung im Sommer so eine Erwärmung der Stalluft durch die erhitzte Dachhaut verringert. Die Abluft gelangt über einen Lichtfirst aus dem Stallbereich. Die Tiere sind getrenntgeschlechtlich aufgestallt und werden ad libitum gefüttert.

c.) Die einstreulose Aufstallung auf Vollspaltenboden in einem Abteil der Ruhlsdorfer Leistungsprüfstation, mit insgesamt 3 Buchten zu je 14 Mastplätzen, das heißt insgesamt 42 Mastplätze; je eine Bucht ist mit männlichen bzw. weiblichen Tieren belegt, eine Bucht hat gemischte Belegung. Es ist eine Unterdrucklüftung mit Lochkanal als Zuluftelement und zentraler Abluftführung vorhanden. Die Abteiltemperatur wird über Computer gesteuert. Die Fütterung erfolgt ad libitum mit Trockenfutter über je eine Abrufstation pro Bucht. Zur Wasserversorgung sind in jeder Bucht zwei Tränken installiert. Pro Tier steht eine Nettobuchtenfläche von 0,8 m² zur Verfügung.

In allen drei in die Untersuchungen einbezogenen Aufstallungssystemen

- erfolgt die Einphasenmast, d.h. ohne zwischenzeitliches Umstallen,
- wurde das gleiche Futtermittel verwendet, Leistungsprüfungsalleinfutter[1],
- wurden je Versuchsdurchgang Tiere gleicher Herkunft aus einem Erzeugerbetrieb eingestallt. Auf diese Weise wird der genetische Einfluß minimiert.

3 Erste Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungen sind bisher noch nicht abgeschlossen, so daß an dieser Stelle eine vorläufige Einordnung der Ergebnisse erfolgt. Die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse zu den Tierleistungsdaten, insbesondere Futteraufwand und Masttagszunahme sind als sehr gut einzuschätzen und ordnen sich in die bisherigen Ergebnisse der Ruhlsdorfer Leistungsprüfungsstation ein. Entsprechend der Anlage der Versuchsanstellung als Vergleichsversuch, sind die ermittelten Differenzen zwischen den in die Untersuchungen einbezogenen Aufstallungssystemen von besonderem Interesse.

Tabelle 1 verdeutlicht in beiden Durchgängen ein hohes Niveau der Tierleistungen unter allen drei Haltungsbedingungen. Hier wirkt sich eine hohe Betreuungsintensität aus. Das genetisch fixierte Potential wird mit 800-850 g Tageszunahmen hoch ausgeschöpft, im Warmstall auch bei dem Futteraufwand je kg Zuwachs(2,39 bzw. 2,68). Auf die hohen Masttagszunahmen der Kaltstallvarianten (754g/822 g bzw. 815g/836 g) hat sicher auch die geringe Tierzahl pro Gruppe mit 18 bzw. 8 einen positiven Einfluß ausgeübt.

Durch die Verwendung von Naßfutterautomaten und die ungünstigeren Stallklimabedingungen (vgl . Tab.2) wurde in beiden Varianten des Kaltstalles im Durchgang 1(Winter, Frühjahr) 0,55 - 0,64 und im Durchgang 2 (Sommer, Herbst) 0,12 - 0,18 kg erheblich mehr Futter je Haltungstag verzehrt als im Warmstall. Die kalte Jahreszeit liegt in diesem Merkmal um 0,4 - 0,5 kg täglichen Futterverzehr höher, woraus eine um 0,8-0,9 kg(!) ungünstigere Futterverwertung resultiert. In der warmen Jahreszeit war diese Differenz mit 0,2 - 0,3 kg erheblich niedriger. Dadurch wird bestätigt, daß bei niedrigen Stalltemperaturen mit Futter "geheizt" werden muß, was die Wirtschaftlichkeit solcher Ställe erheblich schmälert. Dies umsomehr, da der höhere Futterverzehr auch zu einer sichtlich stärkeren Verfettung des Schlachtkörpers führt. Der Magerfleischanteil war in beiden Durchgängen, vor allem jedoch in der Tiefstreuhaltung 1,6...1,8 %, niedriger als auf Vollspaltenboden. Die etwas größere Differenz im Durchgang 2 ist natürlich auch durch um 3 - 5 kg höheren Mastendgewichte im

[1] Die Futterzusammensetzung liegt bei den Autoren vor

Tab. 1: Ergebnisse der Versuchsdurchgänge 1 und 2

Parameter		Durchgang 1			Durchgang 2		
		Tiefstreu	Schrägmist	Warmstall/ Vollspalte	Tiefstreu	Schrägmist	Warmstall/ Vollspalte
ausgewertete Tierzahlen	St.	36	29	41	36	32	38
Einstallungsgewicht	kg	36,7	38,1	38,3	27,6	26,0	25,7
Ausstallungsgewicht	kg	112,6	114,7	111,7	114,5	116,3	111,3
Verluste incl. Notschlachtungen	%	0,0	9,4	2,4	0.0	0,0	2,4
Schlachtgewicht, warm	kg	89,4	91,0	89,6	89,6	92,7	91,3
Mastdauer	Tage	101	93	90	107	108	97
Lebendgewichtszuwachs	kg	75,8	76,6	73,4	86,9	90,3	81,3
tägliche Zunahme	g	754	822	812	815	836	845
Futteraufwand je Tier	kg	252	241	176	255	264	220
Futteraufwand je Tier u. Tag	kg	2,50	2,59	1,95	2,38	2,44	2,26
Futteraufwand je kg Zuwachs	kg	3,30	3,19	2,39	2,97	2,91	2,68
Magerfleischanteil	%	53,1	54,8	54,7	53,6	54,2	55,4

Kaltstall mit verursacht. Im Futteraufwand je kg Zuwachs schneiden beide Strohhaltungsverfahren gleich schlecht ab.

Die unterschiedlichen Prüftage ergeben sich deshalb, weil bei Erreichen des vorgesehenen Endgewichts die entsprechendenTiere vermarktet wurden (vgl. Tabelle 1).

Die in Tabelle 2 dargestellten Abteiltemperaturen sollen den temperaturseitigen größenordnungsmäßigen Unterschied zwischen den Kaltstallvarianten und Warmstall nochmals von dieser Seite her charakterisieren. Es ist , wie nicht anders zu erwarten, ersichtlich, daß die Temperaturdifferenzen zwischen Kaltstall und Warmstall zur wärmeren Jahreszeit hin abnehmen und zum Winter hin wieder größer werden. Diese Temperaturdifferenz muß im Prinzip im Kaltstall durch andere Maßnahmen ausgeglichen werden, z.B. durch Einstreu, Futteraufwand etc.

Tab. 2: Temperaturmittelwerte im Warm- und Kaltstall im Versuchszeitraum

Monat	Außentemperaturen °C		Warmstall °C	Kaltstall °C	Differenz Wst.-Kst. °C
	mittl. Tagesmini-malwerte	mittl. Tages-maxi-malwerte	$\bar{x}$	$\bar{x}$	
Februar	-2,4	6,1	19,1	3,7	15,4
März	-0,5	7,9	20,3	6,5	13,8
April	3,9	22,6	18,9	13,2	5,7
Mai	7,9	22,0	18,1	15,1	3,0
Juni	14,7	35,6	20,3	20,2	0,1
August	13,8	34,2	20,7	20,2	0,7
September	8,3	23,3	19,5	14,5	5,0
Oktober	5,3	17,8	19,2	13,8	5,4
November	4,8	10,6	18,9	11,4	7,5

4 Betriebswirtschaftliche Einordnung der Ergebnisse

Neben den Ergebnissen aus den laufenden Untersuchungen flossen weitere Erfahrungswerte aus der LVAT, Brandenburgischen Betrieben und der Literatur als Ausgangsgrößen für die betriebswirtschaftlichen Rechnungen ein (In Tabelle 3 in ( ) gesetzte Werte).

Als wichtige unterschiedliche Paramter sind zu nennen, der Magerfleischanteil mit 53,3% zu 55% und der Futteraufwand je kg Zuwachs von 3,4 kg zu 2,9 kg. Weitere beachtliche Unter-

schiede liegen in der Einstreumenge je Tier und Tag mit 0,7/0,4 kg zu einstreuloser Haltung sowie dem Arbeitskraftstundenaufwand pro Mastschwein mit 0,8/1,0 zu 0,3 Akh und der Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr mit 2,7 zu 2,9. Der Kapitalaufwand pro Mastplatz wird bei Neubau/Umbau für die Kaltstallsysteme mit 600 DM/400 DM und für den Warmstall mit 850 DM/600 DM als komplette Fremdleistung angesetzt.

Tab. 3: Zusammengefasste Gesamtergebnisse aus den Versuchsdurchgängen 1 und 2 und darauf sowie auf eigenen Praxismessungen und Erfahrungswerten basierende für die betriebswirtschaftliche Berechnung angesetzte wichtige Eckparameter in ( ); gerundete Werte

Parameter		Tiefstreu	Schrägmist	Warmstall/ Vollspalte
ausgewertete Tierzahlen	St.	72	61	79
Einstallungsgewicht	kg	33,4 (25)	33,9 (25)	34,3 (25)
Ausstallungsgewicht	kg	113,6 (111)	115,6 (111)	111,5 (111)
Verluste	%	0 (2,5)	4,5 (2,5)	2,4 (2,5)
Schlachtgewicht, warm	kg	89,5 (90)	91,9 (90)	90,4 (90)
Mastdauer	Tage	104 (126 + 7)	101 (126 + 7)	94 (118 + 7)
Lebendmassezuwachs	kg	81,4 (86)	83,8 (86)	77,2 (86)
tägliche Zunahme	g	784 (680)	829 (680)	828 (730)
Futteraufwand je Tier	kg	253 (292)	253 (292)	197 (249)
Futteraufwand je Tier u. Tag	kg	2,44 (2,3)	2,51 (2,3)	2,10 (2,1)
Futteraufwand je kg Zuwachs	kg	3,14 (3,4))	3,04 (3,4)	2,53 (2,9)
Magerfleischanteil	%	53,3 (53,3)	54,5 (53,3)	55,0 (55)
Arbeitszeitaufwand	Akh/Mastschw.	(0,8)	(1,0)	(0,3)
Mastdurchgänge pro Jahr		(2,7)	(2,7)	(2,9)
Einstreumenge	kg/Tag	0,71 (0,7)	0,37 (0,4)	0 (0)
Kapitalaufwand pro Mastplatz[1]	DM			
Neubau		(600)	600)	(850)
Umbau		(400)	(400)	(600)

[1] Investitionsaufwand als komplette Fremdleistung

Die betriebswirtschaftlichen Berechnungen zeigen die starken Auswirkungen des geringeren Magerfleischanteiles und des höheren Futteraufwandes bei den Kaltstallvarianten auf das wirtschaftliche Ergebnis in der Mast (Tabelle 4). Im Kaltstall werden durch Fleischerlöse 9,18 DM pro Mastschwein weniger eingenommen als im Warmstall und gleichzeitig für 14,9 DM mehr Futter verbraucht. Weitere größere negative Auswirkungen bei diesen Aufstallungssystemen werden durch die längere Arbeitszeit mit 16 DM bzw. 20 DM zu 6 DM und die Einstreuaufwendungen mit 7,06 DM sowie 4,03 DM je vermarktetes Mastschwein verursacht. Die Mehraufwendungen im Warmstall für Heizung von 1,75 DM pro Mastschwein sind dagegen eher

bescheiden. Insgesamt errechnet sich für den einstreulos betriebenen Warmstall ein deutlich höherer Deckungsbeitrag von 48,13 DM pro Mastschwein gegenüber nur 18,62 DM bzw. 21,65 DM für die mit Einstreu arbeitenden Kaltstallvarianten. Die Stallplatzkosten je Mastschwein sind mit 26,67 DM zu 35,17 DM mit 8,50 DM für Neubau und mit 19,24 DM zu 26,90 DM mit 7,66 DM für Umbau bei Kaltstallvarianten günstiger. Daraus ergibt sich insgesamt ein Gewinnbeitrag für Tiefstreu von -24,05 DM (Neubau)

Tab. 4: Errechnete Erlöse und Kosten je produziertes Mastschwein (auf Basis der ( )-Werte in Tab. 3)

		Tiefstreu	Schrägmist	Warmstall
Erlöse (2,80 DM/kg SG)[1]	DM	242,82	242,82	252,00
Tiereinsatz (4,-DM/kgLG)	DM	100	100	100
Futter (35,-DM/dt)	DM	102,20	102,20	87,3
Kadaverkosten	DM	0,19	0,19	0,19
Heizungsaufwand	DM	0	0	1,75
Einstreu (8 DM/dt Stroh)	DM	7,06	4,03	0
Verlustausgleich	DM	4,4	4,4	4,93
Sonstiges	DM	10,35	10,35	9,7
Deckungsbeitrag	DM	18,62	21,65	48,13
Lohn (20,-DM/Akh)	DM	16	20	6
Stallplatzkosten	DM			
Neubau		26,67	26,67	35,17
Umbau		19,24	19,24	26,90
Gewinnbeitrag	DM			
Neubau		-24,05	-25,02	6,96
Umbau		-16,62	-17,59	15,23

[1]- Preisdurchschnitt 1992-10/96 für das Land Brandenburg entsprechend ZMP

bzw. -16,62 DM (Umbau) und für Schrägmist von -25,02 DM (Neubau) bzw. -17,59 DM (Umbau). Der Warmstall erreicht mit 6,96 DM (Neubau) bzw. 15,23 DM (Umbau) pro

Mastschwein einen positiven Gewinnbeitrag. Auf der Basis dieser Werte lassen sich somit nur Neubau- (850 DM/Mastplatz) und Umbau (600 DM/Mastplatz) als Warmstallausführung zweckmäßig realisieren. Günstiger könnte es für die Kaltstallsysteme bei einem hohen Eigenleistungsanteil und niedrigem Investitionsaufwand im Zusammenhang mit der Weiternutzung vorhandener Gebäude aussehen.

5 Schlußfolgerungen

° Kaltstallvarianten und Stroheinstreu bringen durch Investitionseinsparung nicht so große Vorteile, daß die Schweinefleischerzeugung wirtschaftlich gestaltet werden kann.

° Im Gegenteil verteuert der vor allem bei Tiefstreusystemen höhere Futteraufwand und geringere Magerfleischanteil die Fleischerzeugung. In diese Richtung wirkt ebenfalls der Einstreuaufwand und die niedrigere Arbeitsproduktivität bei den eingestreuten Aufstallungssystemen.

° Ohne uns zu diesem Zeitpunkt im Rahmen der laufenden Untersuchungen bereits festlegen zu wollen, dürfte das Schrägmistverfahren im Kaltstall gegenüber der Tiefstreu voraussichtlich keine wesentlichen Vorteile bringen. Für einen auf Schrägmistbasis betriebenen Warmstall wäre eine andere Aussage denkbar.

° Aus den Untersuchungsergebnissen und den betriebswirtschaftlichen Berechnungen, ist ersichtlich, daß der kapitalgünstig gebaute und einstreulos betriebene beheizte Warmstall unter den aktuellen Bedingungen wirtschaftliche Vorteile gegenüber dem Kaltstall mit Einstreu bietet. Dies ist natürlich vor allem für Betriebe mit größerer Mastkapazität interessant (> 600 Mpl.).

° So ergeben sich bei einem angesetzten Kapitalaufwand von ca. 850 DM/Mastplatz für Neubau eines Warmstalles und ca. 600 DM/Mastplatz für Umbau auf strohlose Haltung positive wirtschaftliche Ergebnisse in der Mastschweinehaltung.

° Diese Feststellungen sind unter den aufgeführten Parametern gültig. Insbesondere bei deutlich sinkenden Futterpreisen und moderaterem Aufwand für die Arbeitskraft sowie stark steigenden Preisen für Heizmedien, könnte der einfache Kaltstall o.ä. Bauformen zumindest bessere Chancen haben.

° Gegenwärtig sind Kaltställe im Tiefstreusystem o.ä. jedoch vor allem bei Aussicht auf einen höheren Vermarktungserlös, z.B. für Nischenproduktion als Ökobauer bzw. Direktvermarktung, und/oder bei kleineren Beständen < 600 Mastplätzen im Nebenerwerb als zweckmäßig einzuordnen. Ein Neubau von Kaltställen für die Schweinemast sollte also unter den aktuellen Bedingungen eher die Ausnahme sein. Es empfiehlt sich für Kaltställe die kapitalgünstige Nutzung vorhandener Bausubstanz ohne größere Investitionen und gleichzeitig hohem Eigenleistungsanteil.

° Neben anderen wichtigen Fragen, die nicht Gegenstand dieses Beitrages sind, spielen Ausrüstung und Bau sowie die damit zusammenhängenden Aufwendungen offensichtlich eine zunehmend größere Rolle im Rahmen der Wettbewerbsfähigkeit der Mastschweinehaltung.

° Ein wesentlicher Schwerpunkt weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sollte es deshalb sein, die Investitionensaufwendungen pro Mastplatz für Warmställe bei weiter

verbessertem Gebrauchswert zu senken sowie gleichzeitiger Sicherung der entsprechenden Tierleistungen, der Tiergerechtheit, des Umweltschutzes und nicht zuletzt der Effektivität. Wie die Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen, kann man etwa alle 15...20 Jahre eine neue Qualität in Technologie und Technik erwarten. Hier sollte darauf geachtet werden, keinen Boden zu verlieren.

° Unter diesen Gesichtspunkten dürfte u.a. nach wie vor der Ansatz zur Fertigung von Typenställen ein Beitrag auf diesem Wege sein.

° Die Untersuchungsergebnisse zeigen ebenfalls, was zukünftig in gut gemanagten Ställen, wo auch das Umfeld stimmt, möglich ist, wo wichtige Reserven liegen und wohin die Tendenz geht.

6 Literatur:

BEHNINGER, S.; HAIDN, B.(1996): Verfahrensvergleich eingestreuter Mastschweineställe; KTBL-Arbeitspapier 233, S. 139-149;Darmstadt 1996

FRITZSCHE, J.(1995): Wer Leistungen verbessern will, muß das Leistungsvermögen kennen; Neue Landwirtschaft, Berlin 4(1995) 2; S. 52-55

GEBBE, N.(1993): Bauökonomische und haltungstechnische Bewertung von Mastschweinehaltungssystemen in den Europäischen Gemeinschaften; Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 136

HESSE, D. u.a.(1995): Vergleich und Entwicklung von Mastschweinehaltungsverfahren unter besonderer Berücksichtigung von Tier- und Umweltschutz; Kolloquium am 05.12.1995 an der FAL Braunschweig

KUSCHY, G.; SCHILLER, C.(1995): Wieviel darf ein Schweinestall kosten?; LVAT - info(1995)9

PAULKE, TH.(1995):Leistungsprüfbericht 1995; Teil Leistungsprüfung Schwein, S.21-34, Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung Ruhlsdorf/Groß Kreutz e.V.

VENZLAFF, F.-W.(1995): Investieren mit bedacht; Die landwirtschaftliche Zeitschrift für Produktion-Technik - Management, München 46(1995)12; S.92-96

WEBER, M.(1996):Auch der Tiefstreustall ist noch nicht aus dem Rennen; Bauernzeitung, Berlin37(1996)29, S. 28

Weitere Literatur liegt bei den Autoren vor.

Bestimmung von Kosten-Nutzen-Relationen für Ställe - Beispiel Jungviehhaltungssysteme

BOCKISCH, FRANZ-JOSEF; NICOLAS GUTH UND KERSTIN UMINSKI

Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Problem und Ziel

Die Bau- und Investitionskosten stellen einen bedeutenden Anteil bei den Verfahrenskosten in der Nutztierhaltung dar. Unter dem Aspekt der Produktionskostenreduzierung wird daher dem "kostengünstigen" Bauen ein hoher Stellenwert eingeräumt. Vielfach wird automatisch davon ausgegangen, daß durch die Realisierung niedriger Baukosten auch die Rentabilität eines Produktionszweiges nachhaltig verbessert wird. Werden jedoch nur die Bau- und Investitionskosten als Entscheidungskriterium für die Auswahl des wirtschaftlichsten Haltungsverfahrens in der Planungsphase herangezogen, so sind Fehlentscheidungen vorprogrammiert. Daher ist es zwingend notwendig, die jährlichen und variablen Kosten (z.B. für Stroh-, Arbeitszeit-, Energiebedarf, Maschinenkosten) in die Entscheidungsfindung mit einzubeziehen. Die jährlichen Kosten werden normalerweise bei der Baukostenermittlung mit berechnet. Problematisch ist es, daß es bei Stroh- und Arbeitszeitbedarfswerten sehr häufig an objektiven Grundlagendaten in Bezug zu speziellen Haltungssystemen fehlt.

Weitgehend unberücksichtigt bei den Investitionsentscheidungen bleiben derzeit noch die Auswirkungen spezieller Stallsysteme auf die Leistungen, die Gesundheit und das Verhalten der Tiere. Die Berücksichtigung derartiger "Tierdaten" kann jedoch einen erheblichen Einfluß ausüben. Dies wird klar, wenn unter bestimmten Haltungsbedingungen eine bessere Leistungsentfaltung begünstigt oder umgekehrt Leistungsbereitschaft verhindert wird. Ein anderer Aspekt ist die Tiergesundheit: Wenn durch eine tierangepaßte Haltungssystemgestaltung Krankheiten verhindert und ggf. die Nutzungsdauer erhöht wird (z.B. bei Kühen und Sauen), so können Produktionskosten (z.B. Tierarztkosten) reduziert werden.

Lösungsansatz

Zur objektiven Entscheidungsfindung in der Planungsphase bei Stallbauvorhaben kann grob in drei Teilschritte differenziert werden:

I. Landwirtschaftliche Vorplanung (z.B. wieviel Kühe sind notwendig, um eine bestimmte Milchmenge bei einer bestimmten Arbeitskapazität zu erzeugen)

II. Ermittlung der Bau- und Investitionskosten für in Frage kommende Alternativen (z.B. durch Bauplanung, -konstruktion, Mengenermittlung, Preis- und Leistungsdaten, Gesamtkostenermittlung für verschiedene in Frage kommende Bau- und Haltungsvarianten - nach dem ILB-Baukostenverbundsystem)

III. Berechnung von Kosten-Nutzenrelationen für die vorgesehene Nutzungsdauer (z.B. v riable Kosten wie Arbeitzeitbedarf, Strohbedarf und "Tierdaten" jeweils in Bezug zur speziell Ausführungsform)

Im günstigsten Fall ist nach dem Berechnen des III. Teilschrittes eine klare Entscheidung a einzelbetrieblicher Ebene für ein spezielles Stall- und Haltungssystem zu treffen. Andernfalls sir die Teilschritte bei Veränderung einzelner oder weniger Parameter wieder abzuarbeiten bis dar iterativ eine gute Lösung gefunden wird.

Um jedoch den Komplex der Tierdaten in die Planungen einbeziehen zu können, sind Quantifizi rungen von Interaktionen zwischen Haltungsumgebung (Stall) und den Tieren notwendig. Hier g es zu beantworten, ob Leistungssteigerungen oder -minderungen, Verbesserungen oder Ve schlechterungen des Gesundheitszustandes, ob unterschiedliches Tierverhalten in Abhängigk eines geänderten Haltungssystems zu erwarten sind. Beispielsweise sind von BOCKISCH (199 aufgrund ermittelter Interaktionen zwischen Milchkühen und der speziellen Ausführung der Funl tionsbereiche und des Stallsystems ökonomische Berechnungen vorgenommen worden. Dabei sir Kriterien wie ZKZ, NNR, Tierarztkosten, Reduzierung der jährlichen Abgangsrate eines Besta des, erhöhte Einnahmen durch leicht verbesserte Milchleistung in der Größenordnung von 10 b 30 DM pro Kuh und Jahr (etwa durch Verringerung von latenten Schmerzen) berücksichtigt wo den. Diese Kalkulationen würden bei Minimalkonfigurationen Mehrinvestitionen pro Kuhpla zwischen 380 und 920 DM erlauben.

Sind derartige Zusammenhänge bekannt, so können diese - vereinfacht bezeichnet als "Stall-Tie Koeffizienten" - bei der Berechnung von Kosten-Nutzen-Relationen berücksichtigt werden. D Vorgehensweise für den Teilschritt II wurde u.a. von GARTUNG (1989) sowie GARTUNG PREIß (1996); die für den Teilschritt III ist in BOCKISCH, GUTH, KLEMENT (1996) beschri ben.

Vergleich von Gebäude- und Haltungsformen für die Jungrinderhaltung

- Ermittlung der Bau- und Investitionskosten

Beispielhaft sind für den Teilschritt II fünf Ausführungsvarianten - alle als Gruppenhaltung - f Jungvieh mit jeweils 50 Tierplätzen geplant, konstruiert und die entsprechenden Kosten ermitte worden. Die Varianten haben sich ergeben aus Versuchen zur Bestimmung der Interaktionen zw schen Haltungssystemen und den Jungrindern, die in zwei Versuchsperioden 1994/95 und 1995/9 ermittelt worden sind (s. GUTH u. BOCKISCH, 1997). Dies sind:

1. planbefestigter Laufgang und Liegeboxen (LB_PB)
2. Dreiflächenstall mit Tretmist, planbefestigtem Laufgang und Freßständen (TM_PB_FS) (Abb. 1)
3. Dreiflächenstall mit perforierter Lauf- und Liegefläche (als Flächenspaltenboden), wobei di Liegefläche ohne eine Gummiauflage ist und zusätzlich für ca. 75 % der Tiere Liegeboxen zu Verfügung standen mit nicht überdachter Lauffläche und überdachten Liegeboxen (LB_SB)
4. Dreiflächenstall mit perforierter Lauf- und Liegefläche (als Flächenspaltenboden), wobei di Liegefläche mit einer Gummiauflage versehen ist und zusätzlich für ca. 75 % der Tiere Lieg boxen zur Verfügung standen mit nicht überdachter Lauffläche und überdachten Liegeboxe (LB_SB_Gu)

5. Flächenspaltenboden und Liegeboxen (Zweiflächenbucht) als Außenhaltung, nur mit überdachten Liegeboxen (LB_SB_A) (Abb. 1).

Anzumerken ist, daß nicht alle Varianten - auch aus unterschiedlichen Blickwinkeln - gute Kompromisse darstellen. Die Gestaltung der verschiedenen Haltungsvarianten ergab sich u. a. aufgrund der baulichen - nicht auf diese Versuchsanstellung ausgerichteten - Gegebenheiten.

Für diese fünf Alternativen wurde der Investitionsbedarf sowie die baulichen Jahreskosten nach dem Baukostenverbundsystem ermittelt. Für alle Varianten wurde ein auf gleichem Niveau liegender Arbeitsaufwand (mit Ausnahme der Strohvariante) unterstellt. Insofern wurden die Varianten LB_PB und TM_PB_FS mit automatischen Schiebersystemen mit Außenbeförderung ausgestattet. Das Tier-Freßplatz-Verhältnis wurde mit 2:1 angesetzt.

Der Investitionsbedarf schwankt bei einer Tierplatzzahl von 50 je Variante zwischen knapp 4000 und rund 6000 DM pro Jungviehplatz (Abb. 2). Für die Variante TM_PB_FS wurde der Bau- und Investitionsbedarf auch ohne Freßstände berechnet. Dies bewirkt eine Reduzierung der Baukosten um 75 DM/Tierplatz. Bei einer differenzierten Betrachtung von Kostenblöcken, Kostengruppen und Gebäudegrobelementen für die Varianten TM_PB_FS und LB_SB_A fällt u. a. auf, daß Anteile für Technik und Außenanlagen hoch sind (Abb. 3a und b). Beim Vergleich der Daten in Abb. 3 sind die Unterschiede im Detail deutlicher. Die je Tier zur Verfügung stehende Aktionsfläche (Lauf- und Liegefläche) reicht von 4,95 bis 5,62 m² je Tier. Das baulich-technisch vorgesehene Liegeflächenangebot hat eine Spannweite von 2,49 bis 3,27 m² je Tier. Insgesamt liegen diese Werte - ausgehend von den Standardempfehlungen, vor allem in den Stallsystemen, in denen keine Liegeboxen angeboten werden, im oberen guten Bereich.

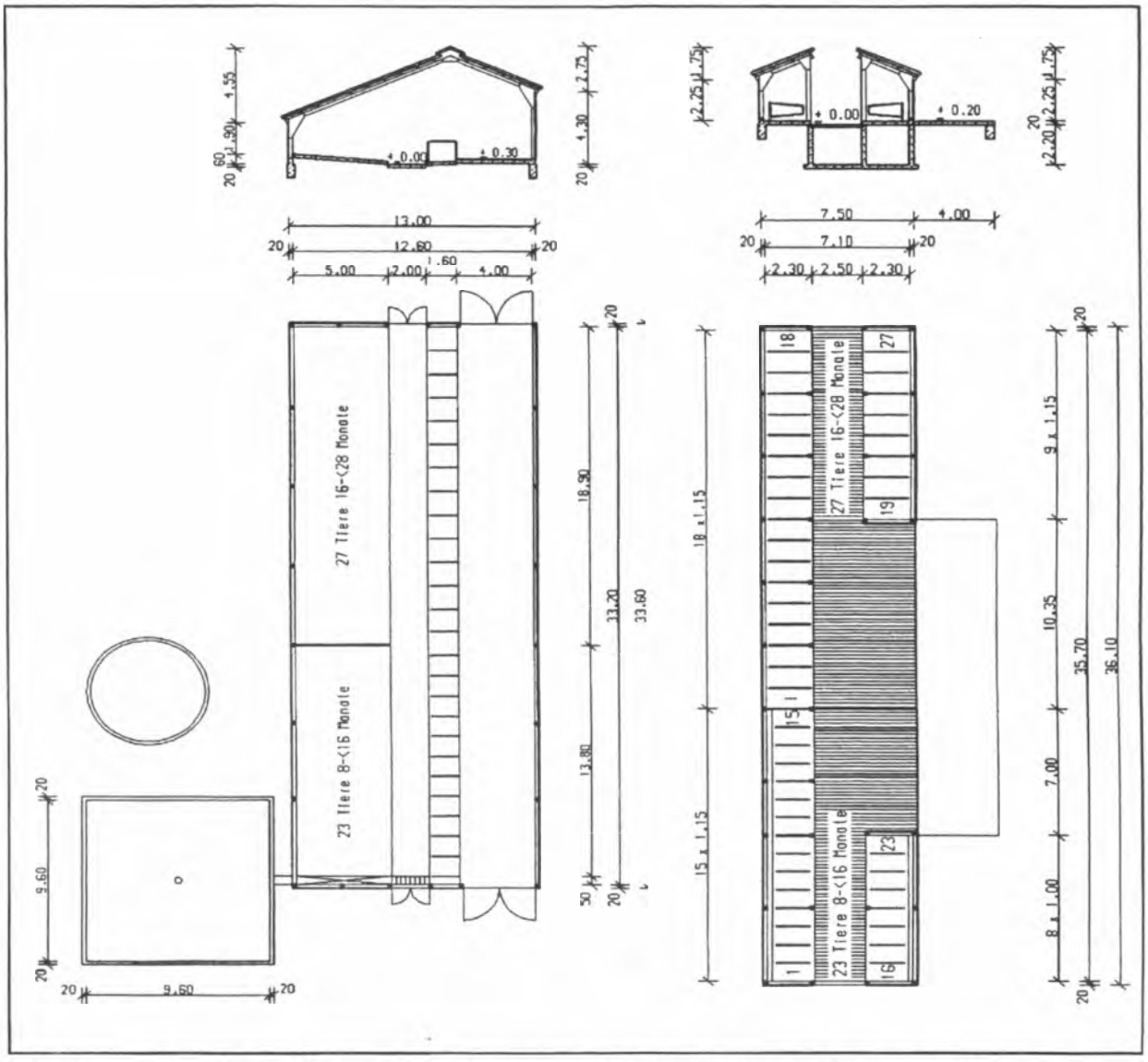


Abb. 1: Grundriß und Schnitt für die Varianten TM_PB_FS (links) und LB_SB_A (rechts) (Dreiflächentretmiststall und Außenstall mit Laufhof und Liegeboxen) -

Baubeschreibung nach DIN 276 für die Variante TM_PB_FS (Dreiflächentretmiststall)

300 Bauwerk-Baukonstruktion

310 Baugrube: Mutterbodenabtrag und Bodenaushub

320 Gründung: Streifenfundamente aus Ortbeton, Bauwerkssohlen: Stahlbetonplatten aus B25, Liegefläche 8% Neigung, Unterböden: Kiesauffüllung und Sauberkeitsschicht aus Beton B10

330 Außenwände: Kantholz-Tragkonstruktion, Bekleidung aus Holzbohlen, 35 mm im Stallbereich, Lichtband aus PVC an beiden Längswänden, Türen und Tore aus Holz

360 Dächer: Vollholzbalken als Dachpfetten, Kantholzbinder als Tragkonstruktion, Wellfaserzementplatten-Eindeckung, Lichtkuppelfirst, Dachrinnen und Fallrohre aus Zinkblech

370 Baukonstruktive Einbauten: Aufstallung: planbefestigte Laufgänge / Fütterung: Krippenschalen / Entmistung: Jaucherohrleitungen und Ventile, Hochförderer für Festmist

400 Bauwerk-Technische Anlagen

410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen: Wasserleitungen

430 Lufttechnische Anlagen: Luftleitplatten

440 Starkstromanlagen: Elektroleitungen, Schalter und Dosen, Fundamenterder, Leuchtstoffleuchten

470 Nutzungsspezifische Anlagen: Aufstallung: Selbstfangfreßgitter, Trenngitter und Freßstände / Fütterung: Tränkebecken / Entmistung: Mistschieber

500 Außenanlagen

530 Baukonstruktionen in Außenanlagen: Jauchevorgrube, Jauchekanal und Hochbehälter aus Stahlbeton mit 126 m³ Inhalt, Dungplatte mit Umfassungs mauer aus Stahlbeton

540 Technische Anlagen in Außenanlagen: Güllepumpe

Baubeschreibung nach DIN 276 für die Variante LB_SB_A (Außenstall mit Laufhof und Liegeboxen)

300 Bauwerk-Baukonstruktion

310 Baugrube: Mutterbodenabtrag und Bodenaushub

320 Gründung: Streifenfundamente aus Ortbeton, Bauwerkssohlen: Stahlbetonplatten aus B25, Unterböden: Kiesauffüllung und Sauberkeitsschicht aus Beton B10

330 Außenwände: Güllekanalwände und Sockel aus Ortbeton B25 mit Bewehrung,Kantholz-Tragkonstruktion, Bekleidung aus Holzbohlen, 35 mm im Liegeboxenbereich, Windnetze an offener Seite

340 Innenwände: Güllekanalwände aus Ortbeton B25 mit Bewehrung,

350 Decken: Stahlbetondecke unter den Liegeflächen auf der Futtertischseite, Stahlbetonbalken als Auflager, Vollholzbalken als Dachpfetten, Kantholzbinder als Tragkonstruktion, Wellfaserzementplatten-Eindeckung, Dachrinnen und Fallrohre aus Zinkblech

370 Baukonstruktive Einbauten: Aufstallung: Betonspaltenboden, Gummimatten in Liegeboxen Fütterung: Krippenschalen

400 Bauwerk-Technische Anlagen

410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen: Wasserleitungen

440 Starkstromanlagen: Elektroleitungen, Schalter und Dosen, Fundamenterder, Leuchtstoffleuchten

470 Nutzungsspezifische Anlagen: Aufstallung: Liegeboxenabtrennungen, Selbstfangfreßgitter, Trenngitter / Fütterung: Tränkebecken / Entmistung: Ringkanalmixer

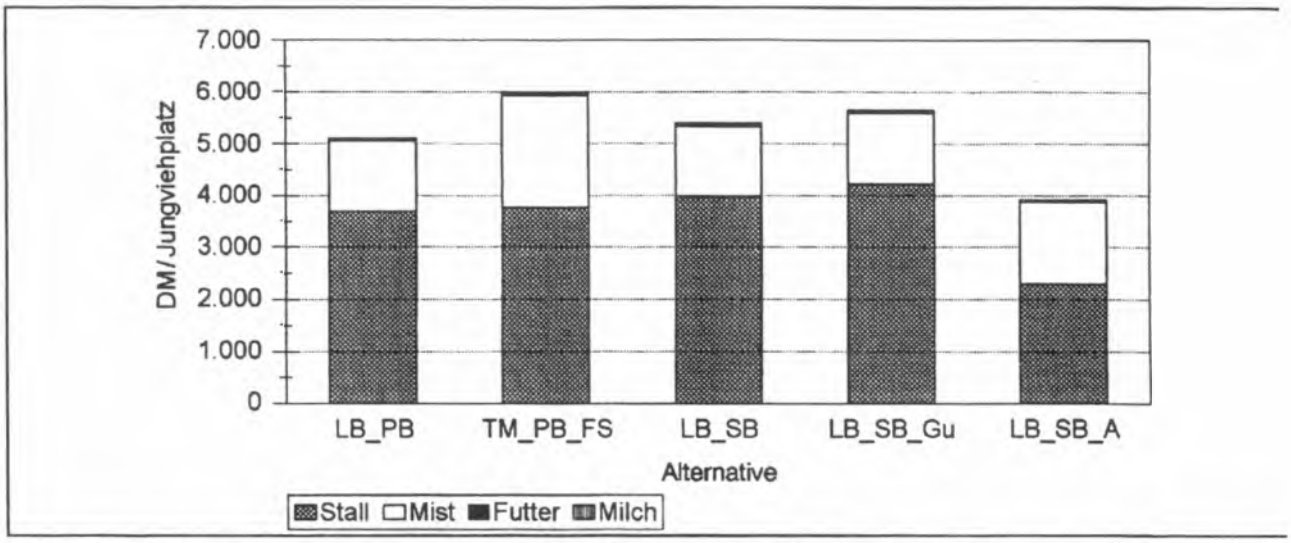
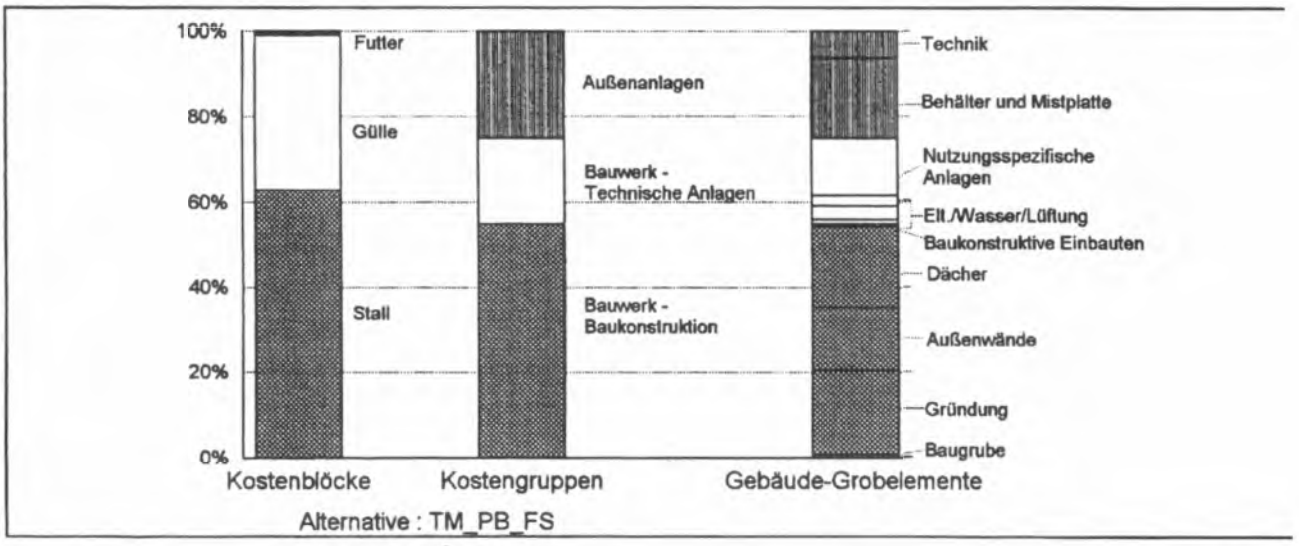


Abb. 2: Investitionsbedarf nach Kostenblöcken für fünf verschiedene Jungrinderhaltungssysteme mit jeweils 50 Tierplätzen



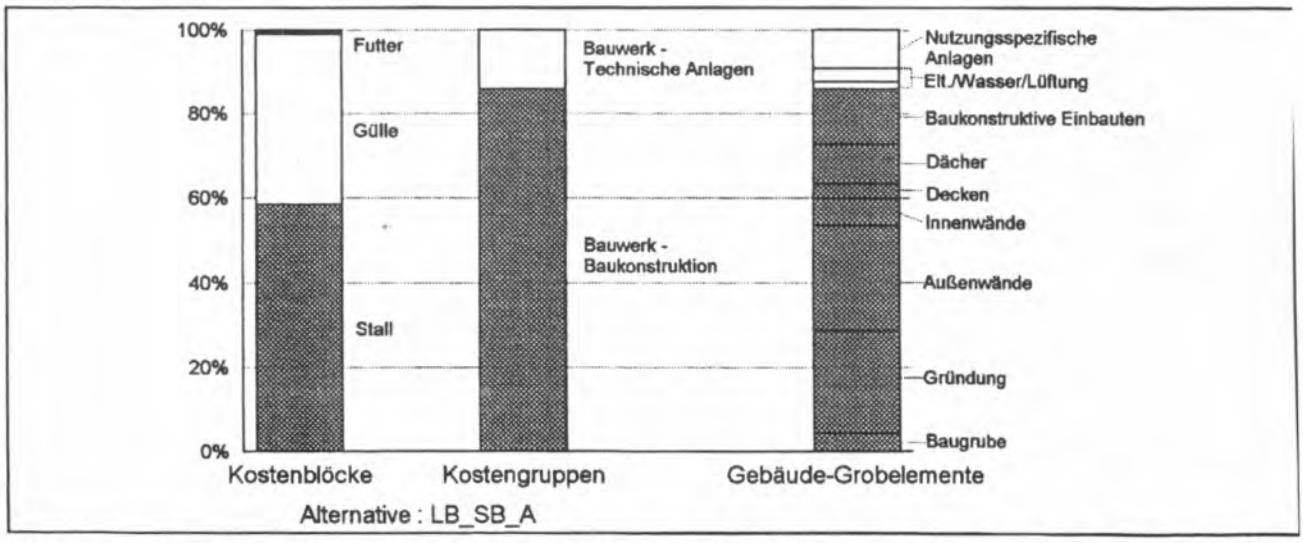


Abb. 3a und b: Differenzierte Bau- und Investitionskosten für die Varianten TM_PB_FS und LB_SB_A aufgeteilt nach Kostenblöcken, Kostengruppen und Gebäudegrobelementen

- Ermittlung der Kosten-Nutzen-Relationen

Für die Berechnung der Kostennutzenrelationen wurde von den über zwei Versuchsperioden ermittelten Daten bei der Jungrinderaufzucht in fünf Haltungssystemen ausgegangen. Desweiteren wurden einige Modellannahmen getroffen. Dies sind u. a., daß die Aufzuchtperiode für die Jungrinder tierspezifisch von 4 Monaten bis maximal 2,5 Jahre in den Stallsystemen beträgt, daß 2/3 der Kälber im Herbst (Abkalbealter: 24 Mon.) und 1/3 der Kälber im Frühjahr (Abkalbealter: 30 Mon.) geboren wird, und daß damit bei 50 Stallplätzen 33 weibliche Rinder aufzuziehen sind. Die weiteren Kosten beziehen sich somit jeweils auf ein aufgezogenes Jungrind (Lebensalter: 4 Mon. bis zur Abkalbung). Weitere Komplexe sind Kosten für Strohlager, Fütterungstechnik-, Stroh- (hier wurden eigenen Daten interpoliert mit Hilfe weiterer Werte für Arbeitszeit- und Strohbedarf von HAIDN und SEUFERT (1996)), Futterkosten, Dunglagerung und -ausbringung, Vieh- und Umlaufkapital-, Arbeitskosten (20 DM/AKh) und schließlich Gesamtkosten (Tab. 1). Als Berechnungsgrundlage diente hier das KTBL-Taschenbuch. Die Strohkosten beziehen sich auf Strohbergung und Einlagerung. Bei Zukauf von Stroh würden sich die Strohkosten bei der Tretmistvariante von 37 DM auf 61 DM je aufgezogenes Rind erhöhen, während bei den anderen Varianten sich dies kaum auswirkt.

Innerhalb der Untersuchungen zur Quantifizierung zwischen spezieller Ausführung von Haltungssystemen und Tierleistung, -gesundheit und -verhalten waren größere Unterschiede bei der Futteraufnahme und -verwertung zwischen den Stallhaltungssystemen zu finden. Hinsichtlich Tiergesundheit und -verhalten gab es bei den untersuchten Systemen bei dieser "Produktionsrichtung" keine gravierenden Differenzen. Die Futteraufnahme lag beispielsweise in der Variante LB_SB_A (Außenhaltung) um rund 6 % niedriger zum Gesamtmittelwert - dies gilt insbesondere in Bezug zu den direkt vergleichbaren Varianten LB_SB_Gu und LB_SB, so daß die Tiere in dieser Haltungsvariante am Ende der Stallhaltungsperiode ein bis zu 20 kg geringeres Lebendgewicht hatten im Vergleich zu den meisten anderen Tieren. Dieser Nachteil hat sich allerdings bei der Betrachtung der gesamten Aufzuchtperiode wieder kompensiert durch die Haltung in der Sommerzeit auf der Weide. Tiere, die in der Stallhaltungsperiode (v.a. Variante LB_SB_A) weniger zugenommen haben, konnten durch die Angepaßtheit an das Außenklima während der Weideperiode diesen Rückstand kompensieren (s. GUTH und BOCKISCH, 1997).

Das bedeutet für die Berechnung der Kosten-Nutzen-Relationen über die gesamte Aufzuchtperiode eines weiblichen Jungrindes, daß der Nachteil aus der Stallhaltungsperiode monetär nicht zum Tragen kommt. Unabhängig von diesen haltunssystembezogenen Unterschieden bezüglich der Tierleistung ergeben sich in Abhängigkeit des Haltungssystems Differenzen für Gesamtaufzuchtkosten je Rind (Abb. 4). Diese reichen bei der Variante LB_SB_A mit 2306 DM/Rind bis zu 2821 DM/Rind bei der Variante TM_PB_FS. Bei den variablen Kosten schwanken die Werte zwischen 1720 DM/Rind (LB_PB) bis zu 1847 DM/Rind (LB_SB_A). Damit ist bei den variablen Kosten eine andere Reihung bezüglich der kostengünstigsten Variante vorzufinden gegenüber den Bau- und Investitionskosten bzw. Gesamtkosten.

Einordnung der ermittelten Daten, Fazit und Ausblick

Die in diese Betrachtung eingegangenen Daten sind sowohl auf der Planungs-, Konstruktions- und Kostenermittlungsebene auf die tatsächlich durchgeführten Untersuchungen zur Quantifizierung von Stall-Tier-Interaktionen abgestimmt worden. Für die Bestimmung der Kosten- Nutzen-Relationen sind die in eigenen Versuchen ermittelten Daten herangezogen worden. Somit ist dieses

Beispiel für die Planung und Beurteilung von Stallgebäuden für die Planungsschritte II und III komplett. Nachteilig bei den realisierten Versuchsanstellungen war, daß diese nur mit weiblichen Jungrindern durchgeführt werden konnten. Das bedeutet u.a., daß nur wenige Leistungskriterien als Maßstab herangezogen werden konnten. Des weiteren mußte von der Gebäudesituation ausgegangen werden, die für die Jungrinderhaltung auf der Versuchstation der FAL vorhanden waren.

Tab. 1: Auszug aus den relevanten Kostenfaktoren und den Berechnungsgrundlagen

Aufstallungsvarianten		LB_PB	TM_PB_FS	LB_SB	LB_SB_Gu	LB_SB_A
Kennzahlen je aufgezogenes Jungrind						
Strohlager	m³	0.2	4.7	0.1	0.1	0.2
Festmistmenge	t		5.5			
Flüssigmistmenge	m³	12.2	4.1	12.2	12.2	12.2
Regenwassermenge	m³			1.5	1.5	2.9
Grundfuttermenge						
- Stall relativ	%	95.8	100	100	99.5	94.2
- Stall	MJ	9637	9931	9931	9896	9524
- Weide	MJ	10659	10659	10659	10659	10659
Arbeitszeit	AKh	5.4	7.7	5.4	5.4	5.4

Der Vergleich der Gesamtkosten je aufgezogenes Rind zeigt, daß sich die Relationen - insbesondere bei den beiden extremen Varianten - gegenüber den Bau- und Investitionskosten nicht verschoben haben. Dies würde bedeuten, wenn das in allen kompletten Betrachtungsweisen auch für andere Beispiele und Produktionsrichtungen sich so bestätigen sollte, daß die Information aus dem Teilschritt II für die Entscheidungsfindung ausreicht. Von diesem günstigen Fall kann jedoch allgemein nicht ausgegangen werden. Eine Hauptursache für die Beibehaltung der Reihenfolge für die Auswahl des günstigsten Haltungsverfahren ist hier die Betrachtung über die gesamte Aufzuchtperiode. Denn nur durch das Registrieren des kompensatorischen Wachstums schneidet die Variante LB_SB_A auch nach der Bestimmung der Kosten-Nutzen-Relation am günstigsten ab. Würde man die Betrachung nur auf den eigentlichen Untersuchungszeitraum (Stallhaltung) beziehen, so würde die Außenhaltung bei der Gesamtbetrachtung deutlich ungünstiger abschneiden. In Bezug zu Tiergesundheits- und -verhaltenskriterien ist anzumerken, daß z. B. in allen Haltungssystemen relativ gute und damit tierfreundliche Laufflächengestaltungen, gute Tier : Liegeplatz- bzw. Freßplatz-Verhältnisse vorhanden waren und daß die Aufenthaltsdauer der Tiere im Vergleich zu einer ganzjährigen Stallhaltung von Milchkühen oder Sauen relativ kurz ist. Damit sind vor allem bei jungen Tieren Gesundheitsschädigungen nicht verstärkt zu erwarten.

Nichtsdestotrotz ist es notwendig durch eine objektive und differenzierte Quantifizierung von Wechselwirkungen zwischen spezieller Ausführung des Stallsystems und den Tieren die Grundlagen für durchgehende Kostenberechnungen für Planungen zu schaffen. Insbesondere gilt dies für Nutztiere, die eine mehrjährige Aufenthaltsdauer in einem Haltungssystem haben. Voraussetzung für derartige Berechnungen sind exakte Bauplanungs- und -kostenermittlungsverfahren mit direk-

tem Bezug zu den ermittelten Interaktionen. Hierzu werden auch in Zukunft sowohl für Teilschritt II als auch III methodische Weiterentwicklungen unentbehrlich sein.

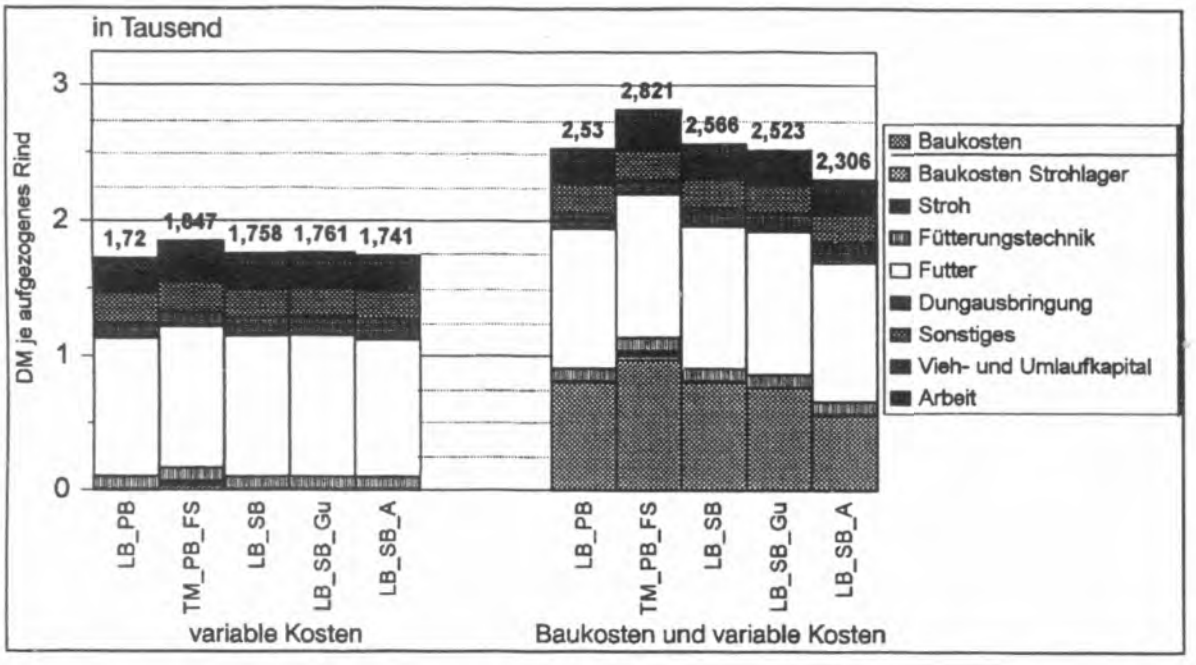


Abb. 4: Darstellung der Gesamtkosten bzw. Kosten-Nutzen-Relation für fünf Haltungsvarianten für weibliche Jungrinder

Literatur

BOCKISCH, F.-J., GUTH, N. U. S. KLEMENT: Kosten-Nutzen-Relationen für Stallgebäude. Landtechnik 51 (1996), H. 1, S. 42-43.

BOCKISCH, F.-J.: Quantifizierung von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren Haltungsumwelt als Grundlage zur Verbesserung von Stallsystemen und ihrer ökonomischen Bewertung. MEG Schrift 193, Verlag der Ferber'schen Universitätsbuchhandlung Gießen, (1990).

GARTUNG, J.: Methoden zur Baukostenermittlung von landwirtschaftlichen Gebäuden und baulichen Anlagen. Landtechnik 44 (1989), H. 7/8, S. 298-299.

HAIDN, B. UND H. SEUFERT: Kostenanalyse eingestreuter und strohloser Haltungsverfahren für Milchvieh. DLG-Arbeitsunterlagen G/96, (1996).

Der Mehrgebäudestall für Milchvieh

VAN CAENEGEM LUDO; RICHARD HILTY

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

1 Einleitung

Stärkere Gewichtung der Tiergerechtheit, neue Entwicklungen in der Futterkonservierung und marktwirtschaftliche Impulse verursachen heutzutage in der Schweiz eine Entwicklung von geschlossenen langlebigen Gebäudeeinheiten zu mehr offenen flexiblen und eigenbaufreundlichen Stallsystemen.

Durch die räumliche Trennung der Funktionsbereiche (Liege-, Lauf-, Fress- und Melkbereich) entstehen Mehrgebäudelösungen, welche sich durch Eigenbaufreundlichkeit und Tiergerechtheit auszeichnen. Sie erlauben gegenüber den konventionellen Eingebäudelösungen dank einer Reduktion der Bauhülle, einer Verlagerung von Laufflächen (Fressplatz) aus dem Stall ins Freie und einer allfälligen Altgebäudenutzung erhebliche Baukosteneinsparungen. Der Laufhof als Verbindungselement zwischen den verschiedenen Bereichen wird den Bedürfnissen der Tiere nach Bewegung und Aufenthalt im Freien voll gerecht. Er lässt sich mit dem Fressplatz kombinieren und ermöglicht Beiträge (Förderungsprogramm „Kontrollierte Freilandhaltung").

2 Vergleich Mehrgebäudestall/Eingebäudestall

Der Mehrgebäudestall erlaubt gegenüber dem Eingebäudestall ein kleineres Bauvolumen (Abbildung 1) und beansprucht nicht mehr Bauland. Die erheblichen Kosteneinsparungen (bis Fr. 2000 pro GVP, ohne Berücksichtigung der Eigenleistungen) sind vor allem auf eine Reduktion der Bauhülle durch eine Verlagerung von Laufflächen (Fressplatz, Durchgänge) aus dem Stall ins Freie zurückzuführen (Tabelle 1). Der Verzicht auf eine Futterdurchfahrt erlaubt weitere Kostensenkungen. Durch ihre geringen Spannweiten und Höhen eigenen sich die einzelnen Baukomponenten besonders für den Selbstbau und eventuelle spätere Erweiterung. Als eigenbaufreundliche Dachkonstruktion ist eine Starrahmenkonstruktion mit innenliegenden seitlichen Streben und Zange in der Mitte empfehlenswert. Im Hinblick auf einen minimalen Holzverbrauch ist ein Binderabstand von 2,5 m (2 mal Liegeboxenbreite) optimal. Bei einer horizontalen Holzschalung empfiehlt sich jedoch ein Abstand von 1,25 m, welcher die direkte Befestigung der Wandschalung auf die Binderpfosten erlaubt.

Tab. 1. Vergleich des Eingebäudestalles mit dem Mehrgebäudestall aus Abbildung 1.

Gebäudekonzept GVP = Grossviehplatz AKh = Arbeitskraftstunden		Eingebäudestall	Mehrgebäudestall
	Einheit	**Abmessungen**	
Überbaute Fläche	m²/GVP	31	28
Bauvolumen SIA	m³/GVP	**149**	**113**
Aussenhülle	m²/GVP	66	58
		Investitionen	
Stallgebäude	Fr/GVP	**13041**	**10960**
Futterlager	Fr/GVP	2191	2191
Hofdüngerlager	Fr/GVP	4064	4087
Gebäude und Einrichtungen	Fr/GVP	19296	17237
		Arbeitszeitbedarf pro Jahr	
Arbeitszeitbedarf pro Jahr	AKh/ GVP	86.9	87.7
		Betriebskosten pro Jahr	
Gebäude und Einrichtungen	Fr/GVP	1573	1433
Verfahrensbedingte Maschinen	Fr/GVP	715	715
Fremdkosten	Fr/GVP	**2288**	**2148**
Eigene Arbeit	Fr/GVP	1998	2018
Fremd- und Eigenkosten	Fr/GVP	**4286**	**4166**
Fremd- und Eigenkosten	%	100	97

Kostenberechnung gemäß FAT-Preisbaukasten 1996.

Arbeitsstundenansatz Fr. 23,-

Die meisten Kosten lassen sich einsparen, wenn die Güllengrube unter der Liegehütte angeordnet und im Laufgangbereich mit Spaltenböden versehen wird. Dies führt beim Stallboden und allenfalls auch bei den Gebäudefundamenten zu Kosteneinsparungen. Diese Anordnung ist aber mit Schadgasgefahr (H_2S) beim Rühren verbunden. Aus diesem Grunde und aus arbeitswirtschaftlichen Überlegungen empfiehlt es sich, die Güllengrube im Laufhof zu integrieren. Wird die Grube mit Lochplatten abgedeckt, erübrigt sich fast vollständig die Reinigung des Laufhofes, ohne daß sich die Grube gegenüber der Ausführung mit einer geschlossenen Decke wesentlich verteuert.

Besteht dagegen für die Grubendecke eine Verwendung als Mist- oder Abstellplatz, ist es

sinnvoll, die Güllengrube losgelöst vom Stall in einem optimaleren Volumen/hülle Verhältnis zu bauen. Hierdurch lassen sich Baukosten für die Grube einsparen, und es erhöht sich die Flexibilität bei allfälligen späteren Erweiterungen oder Umnutzungen. Die Laufhoffläche wird dann planbefestigt ausgeführt. Durch eine gute Organisation lässt sich der Reinigungsaufwand auch bei einer planbefestigten Laufhoffläche auf weniger als 1 AKh pro Tier und Jahr begrenzen.

3 Altgebäudenutzung

Mehrgebäudeställe eignen sich besonders für Altgebäudenutzung. Vorhandene Gebäude wie Anbindeställe, welche sich aus baulichen Gründen nur schwer abändern lassen, können durch Erstellen einer einfachen Liegehalle auf kostengünstige Weise in einen Laufstall umgewandelt werden (Abb. 2). Der Raum zwischen Neu- und Altgebäuden wird dabei zum Laufhof für die Kühe. Der bestehende Anbindestall kann als Lagerraum und auch als Fressplatz weiter dienen.

Ob es sinnvoll ist, ein Altgebäude weiter zu verwenden, kann erst nach sorgfältiger Untersuchung der Bausubstanz und deren Eignung für eine allfällige Funktionsumwandlung beurteilt werden. Besondere Beachung soll man den späteren Arbeitsabläufen (Füttern, Entmisten, Einstreuen, Melken) schenken. Da der Einbezug von Altgebäuden meistens arbeitswirtschaftliche Kompromisse beinhaltet, sollen hieraus geringere Investitionen gegenüber einem Neubau resultieren.

4 Ausführung

Jedem Tier soll eine angemessene Liegefläche zur Verfügung stehen. Diese kann in einem strukturierten (Liegeboxen) oder nichtstrukturierten Raum eingerichtet werden. Wegen der hohen Strohpreise (bis Fr. 18.- pro 100 kg) sind Tiefstreu- und Tretmistverfahren nur für Betriebe mit eigenem Stroh wirtschaftlich interessant. Unter der Voraussetzung, daß der Wärmeabfluß der Tiere beim Abliegen durch Einstreu stark beschränkt wird, werden an die Bauhülle der Liegehalle bezüglich Wärmedämmung keine Anforderungen gestellt. Im Sommer ist zur Minderung des Hitzestaus eine gute Durchlüftung erforderlich. Der Melkstand soll aus ergonomischen Gründen wärmegedämmt und beheizbar sein.

Der Auslauf bildet die Verbindung zwischen Liege-, Freß- und Melkbereich. Das Flächenangebot pro Tier folgt aus einem Kompromiss zwischen ethologischen und wirtschaftlichen Interessen. Je größer die verfügbare Fläche, desto besser können die Tiere sich artgemäss bewegen und einander ausweichen. Je kleiner die Fläche, desto geringer sind die direkten (Bodenbelag, Zaun) und die indirekten (Lagerraum für Abwasser) Investitionskosten. Unbefestigte Böden werden bei dauerndem Zugang und Aussenfütterung wegen des Risikos der Gewässerverschmutzung und Klauenentzündungen nicht toleriert. Befestigte Laufhöfe mit integriertem Fressplatz sollten etwa 5 m^2/Tier aufweisen. Zur Minderung der Ammoniakfreisetzung von Laufhofflächen ist eine möglichst rasche Ableitung von Harn anzustreben. Dies ist praktisch nur bei einer perforierten Bodenfläche auf einer Grube möglich. Aus Versuchen zeigt sich, dass bei planbefestigten Flächen die Ammoniakemissionen bei häufigem Reinigen nur wenig abnehmen, da ständig frische Exkremente hinzukommen und weiterhin eine Schmierschicht am Boden verbleibt. Als perforierter Boden empfiehlt sich ein Lochboden, welcher zwar weniger sauber als ein Schlitzboden ist, den Tieren aber mehr Trittsicherheit bietet. Die Trittsicherheit der planbefestigten Böden kann man im Winter durch Einstreu (zum Beispiel eine dünne Schicht Holzschnitzel oder Sägemehl) stark verbessern.

Versuche an einem ständig zugänglichen Laufhof haben gezeigt, dass vor allem die Sonnenstrahlung die Tiere zur Laufhofnutzung veranlasst. Im Hinblick auf eine ausreichende Besonnung in den Wintermonaten sind die Orientierung und der Standort von besonderer Bedeutung. Wenn möglich soll man die Südseite des Laufhofes offen lassen. Unter dieser Voraussetzung kann eine Besonnung der ganzen Bodenfläche im Tagesverlauf stattfinden. Die Attraktivität des Laufhofes läßt sich zusätzlich durch die Ausstattung mit (frostsicherer) Tränkevorrichtung und Kratzbürste erhöhen.

5 Schlussfolgerungen

Mehrgebäudeställe eignen sich besonders für die ökologische Ausrichtung der Milchviehhaltung. Sie ermöglichen den Tieren viel Aufenthalt und Bewegung im Freien. Sie weisen dank einfachen Bauten von geringer Höhe und Spannweite ein großes Eigenleistungspotential auf und eignen sich besonders für die Altgebäudenutzung. Im Vergleich zu den Eingebäudelösungen entstehen niedrigere Jahreskosten bei etwa gleich hohem Arbeitsbedarf.

6 Literatur

VAN CAENEGEM L. und HILTY R., (1996): Boxenlaufställe. Baukonzept und Ausbaustandard beeinflussen die Betriebskosten. FAT-Berichte 488, Tänikon.

VAN CAENEGEM L. und KRÖTZL MESSERLI H., (1996): Der Laufhof für den Milchvieh-Laufstall. Ethologische und bauliche Aspekte. FAT-Berichte 493, Tänikon.

Kostengünstige Tragwerke für Milchvieh-Laufställe

JÜRGEN GARTUNG

Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Einleitung

Eine wirtschaftliche Milchviehhaltung ist bei derzeit ungünstigen Bedingungen in Deutschland nur möglich bei hoher Milchleistung, hochwertigem Futter, guter Arbeitsorganisation und möglichst geringen Gebäudekosten.

Die Höhe der jährlich anfallenden Baunutzungskosten wird überwiegend durch den Investitionsaufwand bei Baumaßnahmen bestimmt, da Abschreibung und Verzinsung des eingesetzten Kapitals etwa 75 % davon ausmachen.

Einfache Stallgebäude mit leichten Tragwerken sind für kostengünstige Neubauten erforderlich. Das Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL hat sich die Entwicklung und Erprobung einfacher Milchviehställe seit Jahren zur Aufgabe gemacht.

Mit der Überarbeitung des landwirtschaftlichen Beitrages für das „Holzbau-Taschenbuch" [DRÖGE, GARTUNG 1996] wurden verschiedene Holzkonstruktionen aus den 80er Jahren den geänderten Bedürfnissen angepaßt. Je nach Gebäudegröße sind unterschiedliche Konstruktionen empfehlenswert.

Untersucht wurden neue Boxenständerkonstruktionen, Rahmenkonstruktionen, Tragwerke mit eingespannten Außenstützen und Pendelstützen als Innenstützen und Dachträgern aus Kantholz, Furnierschichtholz und brettschichtverleimten Bindern.

Stallgebäudesysteme

Die Laufstallhaltung ist wegen der besseren Haltungs- und Arbeitsbedingungen die bevorzugte Lösung. In der Mehrzahl sind es heute Liegeboxen-Laufställe mit Flüssigentmistung, die neu gebaut werden. Darüber hinaus werden aber auch eingestreute Liegeboxenställe, Tretmistställe und Tiefstreuställe als Neubauten errichtet.

Die Kühe können sich im Laufstall frei bewegen. Dadurch kann der Stall in verschiedene Bereiche aufgeteilt werden, die optimal auf die Bedürfnisse der Tiere und die Anforderungen des Betreuungs- und Melkpersonals angepaßt werden können.

Bei der Planung wird von folgenden Funktionsbereichen ausgegangen:

- Melkbereich
- Laufbereich
- Liegebereich
- Freßbereich
- Nebenräume

Es wird zwischen Ställen mit kombinierbaren Funktionsbereichen, bei denen die Tiere unter einem Dach liegen, laufen, fressen und gemolken werden und Ställen mit getrennten Funktionsbereichen unterschieden. Bei letzteren können beispielsweise Liegehalle, Melkstand und Freßplätze in unterschiedlichen Gebäuden eingerichtet sein. Die Fütterung kann auch im Freien außerhalb des Gebäudes, etwa am Fahrsilo erfolgen.

Das Kernstück eines Laufstalles ist der Melkstand. Er sollte möglichst mit dem Milchlagerraum und dem Maschinenraum eine bauliche Einheit bilden. Neben der funktionell richtigen Anordnung im Stallsystem ist die Auswahl der Melkstandgröße und -ausführung in Abhängigkeit von der Tierzahl, der Arbeitskräfte und der Melkzeit besonders wichtig. Das Melkzentrum mit seinen Nebenräumen wird in den meisten Fällen in Massivbauweise errichtet.

Die Melkstände werden bei Liegeboxenlaufställen bis 120 Kühe im Hauptbaukörper integriert. Bei größeren Anlagen und dem Festmistverfahren wird vorzugsweise ein eigenständiges Gebäude, meistens als Anbau an den Stall, errichtet.

In der Regel sind Melkstände in einem vom Stall abgetrennten Raum untergebracht. Das verringert die Verschmutzung der Melkgeräte durch Staub aus dem Stallbereich und verhindert die Beeinflussung der Milchqualität durch die Stalluft.

Der eigentliche Stallraum wird in erster Linie nach den Bedürfnissen der Tiere, weniger nach den Wünschen der Landwirte, die es auch im Winter in der Arbeitsumgebung gern warm hätten, hergestellt.

Milchkühe, aber auch Kälber und Jungrinder, verfügen über einen großen Toleranzbereich hinsichtlich der erforderlichen Stalltemperatur. Sie können auch bei Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt ohne Leistungseinbußen oder gesundheitliche Nachteile problemlos gehalten werden.

Hohe Temperaturen (über 25°) können dagegen bei Milchkühen zu Leistungseinbußen führen. Soweit Zugluft vermieden wird, stellen Kühe nur geringe Anforderungen an das Stallklima.

Bauausführung des Stallbereichs

Die Ausbildung der Bodenfläche ist vom jeweiligen Haltungsverfahren abhängig. Das Fußbodenprofil der Liegeflächen für Tiefstreu, Tretmist oder Liegeboxen wird aus Ortbeton hergestellt. Für das Tragwerk der Außenwände und des Daches ist dies insoweit von Bedeutung, daß sich bei entsprechender Bewehrung diese Flächen zum Abtragen der Lasten mit beanspruchen lassen.

Die Laufgänge der Kühe zwischen den Liegeboxen und an den Freßplätzen werden ebenfalls aus Beton gebaut. Dabei handelt es sich entweder um ebene Flächen, die mit stationären oder mobilen Entmistungsgeräten freigeschoben werden, oder um Beton-Spaltenböden.

Der Futtertisch besteht ebenfalls aus Stahlbeton und ist so mit Baustahl zu bewehren, so daß er auch mit schweren Fahrzeugen zu befahren ist.

Die Abmessungen des Stallraumes sind vom gewählten Haltungsverfahren, der Tierzahl und der Bauform abhängig (Abbildungen 1-4).



Abb. 1: 2x2-reihiger Liegeboxenlaufstall mit durchfahrbarem Futtertisch. Gebäudebreite: 26,50 m

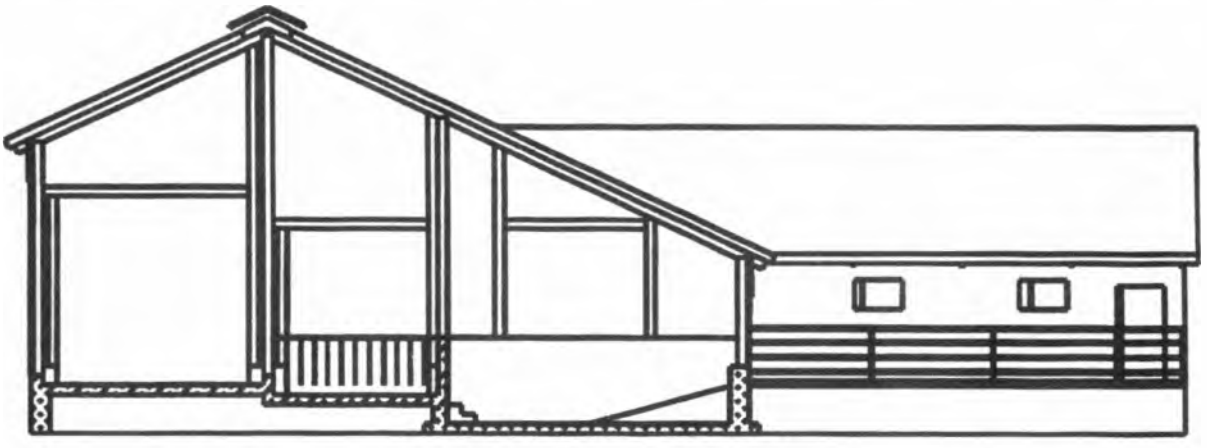


Abb. 2: 2-reihiger Tieflaufstall mit durchfahrbarem Futtertisch. Gebäudebreite: 25,20 m

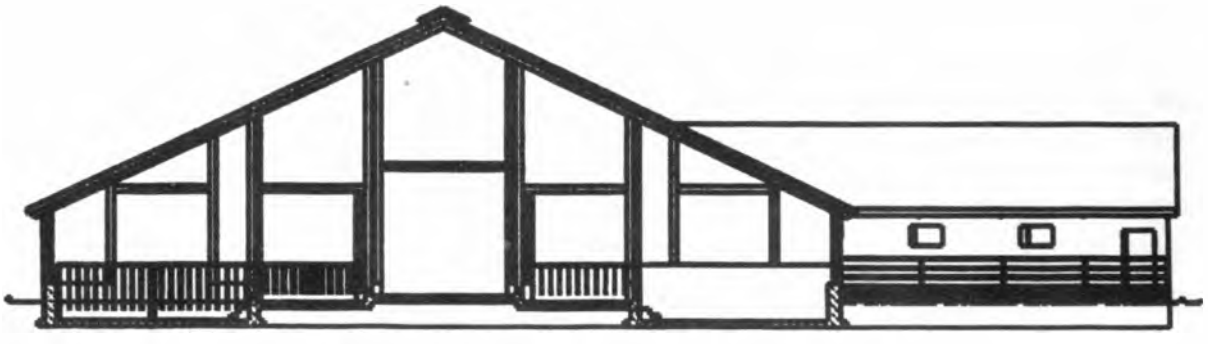


Abb. 3: Einreihiger Tieflaufstall mit seitlichem Futtertisch, offen. Breite: 15,00 m

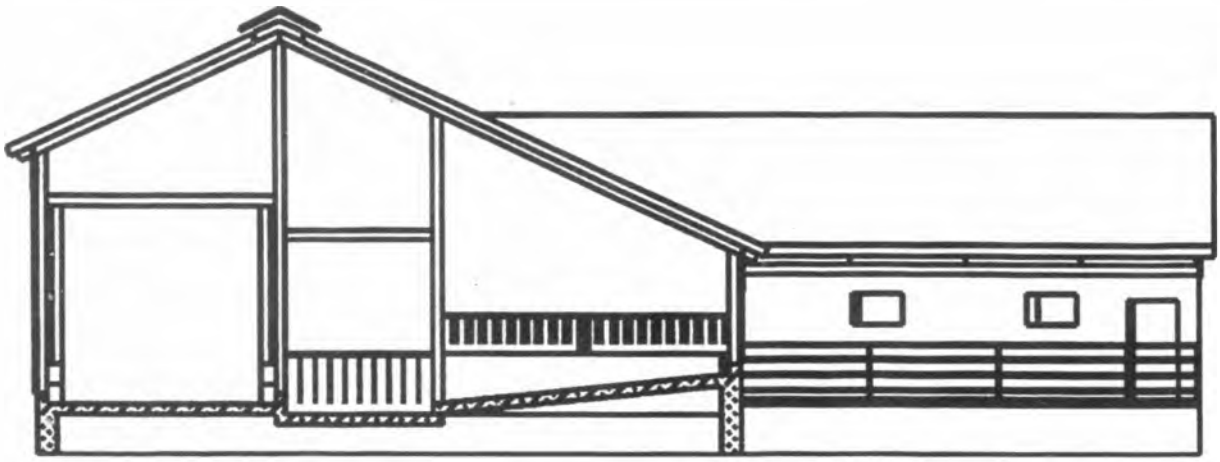


Abb. 4: Einreihiger Tretmiststall mit seitlichem Futtertisch, offen. Breite: 14,00 m

Die Gebäudehülle wird zur Kosteneinsparung meistens als Holzkonstruktion ohne Wärmedämmung hergestellt.

Bei geschlossenen Laufställen (Abbildung 1 und 2) ist die Trauf-First-Lüftung üblich. Die Dachneigung sollte mindestens 15° betragen, um einen ausreichenden Luftdurchsatz zu gewährleisten. Die Zuluft strömt an den Traufen über eine Leitplatte in den Stall hinein. Die Abluft wird durch einen über die gesamte Firstlänge offenen Firstschlitz, der mit einer transparenten Haube abgedeckt ist, abgeleitet. Die Traufenhöhe ist mit 3,00 m ausreichend. Aus gestalterischen Gründen sollten statt der o.g. Mindestdachneigung 15°, 20° oder 25° gewählt werden.

Bei Außenklimaställen mit einer offenen Längswand (Abbildung 3 und 4) liegen die Stalltemperaturen überwiegend aber nur gering über den Außentemperaturen. Während der Sommerperiode ist ein wesentlich größeres Luftvolumen erforderlich, weil sich der Stall bei Windstille sehr stark aufheizen kann. Es sind 40 - 50 m³ Luftvolumen pro Kuh zu berücksichtigen. Hierdurch ist eine etwa 1,00 m höhere Traufe erforderlich als bei geschlossenen Ställen mit Traufen-First-Lüftung. Bei einer 4,00 m hohen Außenwand besteht dann die Möglichkeit, die unteren 2,00 m im Tierbereich geschlossen und zugfrei auszuführen, im oberen Bereich eine senkrechte Verbretterung mit Luftschlitzen (Spaceboard) oder Windnetze zur Querlüftung einzubauen.

Die Außenwände werden zwischen den tragenden Stützen häufig aus waagerecht angebrachten Bohlen hergestellt oder mit senkrechter Verbretterung auf zusätzlichen Riegeln versehen.

Für eine wirtschaftliche Dacheindeckung haben sich asbestfreie Faserzement-Wellplatten bewährt. Es sollten je nach Schneelast und Dachneigung nur 1,25 m oder 1,60 m lange Platten verwendet werden, die nur jeweils ein Pfettenfeld überspannen. Diese Maßnahme ist deshalb erforderlich, weil bei Kondenswasser, das bei bestimmten Bedingungen an der Unterseite der Dachplatten abläuft, die mittlere Unterstützung sonst durchfeuchtet und langfristig zu Bauschäden führt.

Zur Vermeidung von Kondenswasser sollten die Dachplatten im Bereich der Längsüberdekkung durch Abstandshalter angehoben werden. Die Hersteller haben entsprechende Formteile in ihrem Lieferprogramm. Die Mehrkosten von ca. 5,-- DM pro m² zahlen sich langfristig aus.

Bei den Stallräumen zur Unterbringung von Milchkühen handelt es sich meistens um einschiffige Hallen. Bei Gebäudebreiten über 20 m kann es sinnvoll sein, die Anlage mehrschiffig zu bauen und zwei oder drei Satteldächer nebeneinander anzuordnen. Anstelle eines Hauptdaches, das bei breiten Gebäuden und 25° Dachneigung eine große Firsthöhe erreicht und einen unnö-

tig großen umbauten Raum bildet, ergeben sich durch diese Maßnahme wesentlich kleinere Gebäudeabmessungen und Rauminhalte.

Von den statischen Grundformen bieten sich Rahmen mit zwei oder drei Gelenken als Tragwerk an. Für die Bauausführung werden bundesweit überwiegend Holzbauteile verwendet. Regional sind aber seit Jahren auch verzinkte Stahlrahmen üblich. Die Verwendung von Metall nimmt derzeit vor allem zur Herstellung von Fertigställen zu.

Bei Laufställen für Milchkühe sind Tragwerke mit Innenstützen wirtschaftlicher als stützenfreie Konstruktionen. Die Zahl der Stützenreihen ist von der Gebäudebreite abhängig. Zwei bis vierreihige Liegeboxenställe aus Kanthölzern können durch örtliche Zimmereibetriebe hergestellt werden. Für Gebäudebreiten bis 24,00 m und zwei Mittelunterstützungen sind einteilige Riegel aus Furnierschichtholz, zum Beispiel KERTO-Schichtholz, vorteilhafter als Kanthölzer, weil sie bis 23,00 m Länge erhältlich sind und gegenüber Kantholz nicht gestoßen zu werden brauchen.

KERTO-Furnierschichtholz (FSH) aus Fichte ist ein hochfester Holzwerkstoff. Er wird aus 3 mm dicken Furnieren hergestellt. Je nach Anzahl der übereinander verleimten Furniere ergeben sich Dicken von 27 bis 69 mm. Sonderdicken sind bis 110 mm erhältlich. Die Breite der Sperrholzplatten beträgt 1,82 m. Die Lagerlängen sind 12,00 und 17,00 m, Sonderlängen bis 23,00 m sind zu beschaffen.

Aus diesen großformatigen Tafeln werden die benötigten Stäbe herausgeschnitten. Durch die im Vergleich zu Vollholz außerordentlich hohe zulässige Biege- und Schubfestigkeit sind in vielen Fällen Querschnitte ausreichend, die nur halb so groß sind wie die von Kantholz für den gleichen Verwendungszweck.

Zur Überdeckung von größeren Stützweiten werden auch Preßbalkensysteme eingesetzt. Ein Preßbalken besteht aus zwei oder mehreren Kanthölzern, die übereinandergelegt und beidseitig mit speziell für Preßbalken geeigneten Nagelplatten zu einer statisch zusammenwirkenden Verbundkonstruktion zusammengefügt werden.

Preßbalken können mit parallelem und konischem Zuschnitt hergestellt werden. Die konischen Preßbalken bieten den Vorteil, daß hier die natürliche Festigkeit und das Tragvermögen des Baumstammes eine optimale Holzausnutzung zuläßt. Für Rahmentragwerke werden die senkrechten Außenstützen und die Riegel der Dachkonstruktion mit Metallprofilen verbunden. Auch die Kombination von feuerverzinkten Stahlstützen und Dachbindern aus Holz hat sich bewährt. Hierbei stehen die Stahlstützen außen sichtbar vor der Außenwand. Zur Vermeidung von Wärmebrücken wird die eigentliche Außenwand als geschlossene Fläche auf der Innenseite vor den Stahlstützen montiert.

Wegen der hohen Lohnkosten für Bauarbeiter versuchen in Deutschland viele Landwirte durch Eigenleistungen die Baukosten zu senken. Je nach verfügbarer Zeit, Ausrüstung und Begabung sind es meistens Teilleistungen, die vom Bauherrn mit seiner Familie erbracht werden. Auch hierfür bietet der Baustoff Holz hervorragende Möglichkeiten.

Nach Auswertung von Bauabrechnungen der Betriebe, die sich in den letzten Jahren an den Bundeswettbewerben des Landwirtschaftsministers beteiligt haben, wurden im Durchschnitt 13 % der Baukosten durch Eigenleistungen gespart. Dieser Anteil wird häufig höher eingeschätzt. Nur in Einzelfällen ist es aber möglich, ganze Gebäude selbst, ohne Fremdarbeitskräfte, zu erstellen. Um so wichtiger ist es für den Landwirt, sich für den Eigenbau solche Arbeiten auszuwählen, die sowohl vom Zeitrahmen als auch vom handwerklichen Geschick und dem verfügbaren Maschinenpark für seinen speziellen Fall geeignet sind.

Neben der Mastenbauweise wird auch die sogenannte Boxenständerkonstruktion für kleinere Milchviehställe empfohlen. Das Grundprinzip besteht darin, die Boxenabtrennungen aus Holz

so auszuführen, daß sie gleichzeitig als Tragwerk für die Bedachung verwendet werden können. Boxenständer lassen sich leicht aus Rundholz oder Kantholz herstellen.

Bei früheren Bauausführungen wurde meistens ein senkrechter Stiel im hinteren Bereich jeder Liegebox angeordnet. Hierdurch wurde die Bewegungsfreiheit der Tiere eingeschränkt. Verglichen mit freitragenden Boxenbügeln aus Metall war das ein Nachteil. Neuere Boxenständerställe dagegen werden aber so ausgeführt, daß der hintere Stiel um 1,15 m in die Box hineingestellt wird. Dadurch haben die Tiere jetzt seitlich mehr Platz zum Abliegen und Aufstehen. Zur Aussteifung der einzelnen Gerüstböcke bieten sich Platten aus Furnierschichtholz an. Aus 4 cm dicken KERTO-Platten werden die entsprechenden Bauteile geschnitten, die dann mit den Konstruktionshölzern vernagelt werden. Eine Liegehalle mit zwei Liegeboxenreihen für Kühe oder Jungrinder mit entsprechenden Abmessungen ist in der Zeichnung dargestellt.

Das Institut für landwirtschaftliche Bauforschung hat die Möglichkeit, Stallsysteme durch Versuchs- und Vergleichsbauten auf ihre Praxisreife hin zu überprüfen. Dazu werden Gebäude in der FAL-Versuchsstation errichtet und falls erforderlich, nach Abschluß der Untersuchungen durch andere ersetzt. Ein Vergleich des Investitionsbedarfs in DM pro Kuhplatz für ausgewählte Konstruktionen ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Preise vom Sommer 1995 haben auch zum Berichtszeitpunkt vom März 1997 noch Gültigkeit, da es seit dem wegen der schlechten Konjuktur im Baugewerbe keine nennenswerten Steigerungen gegeben hat.

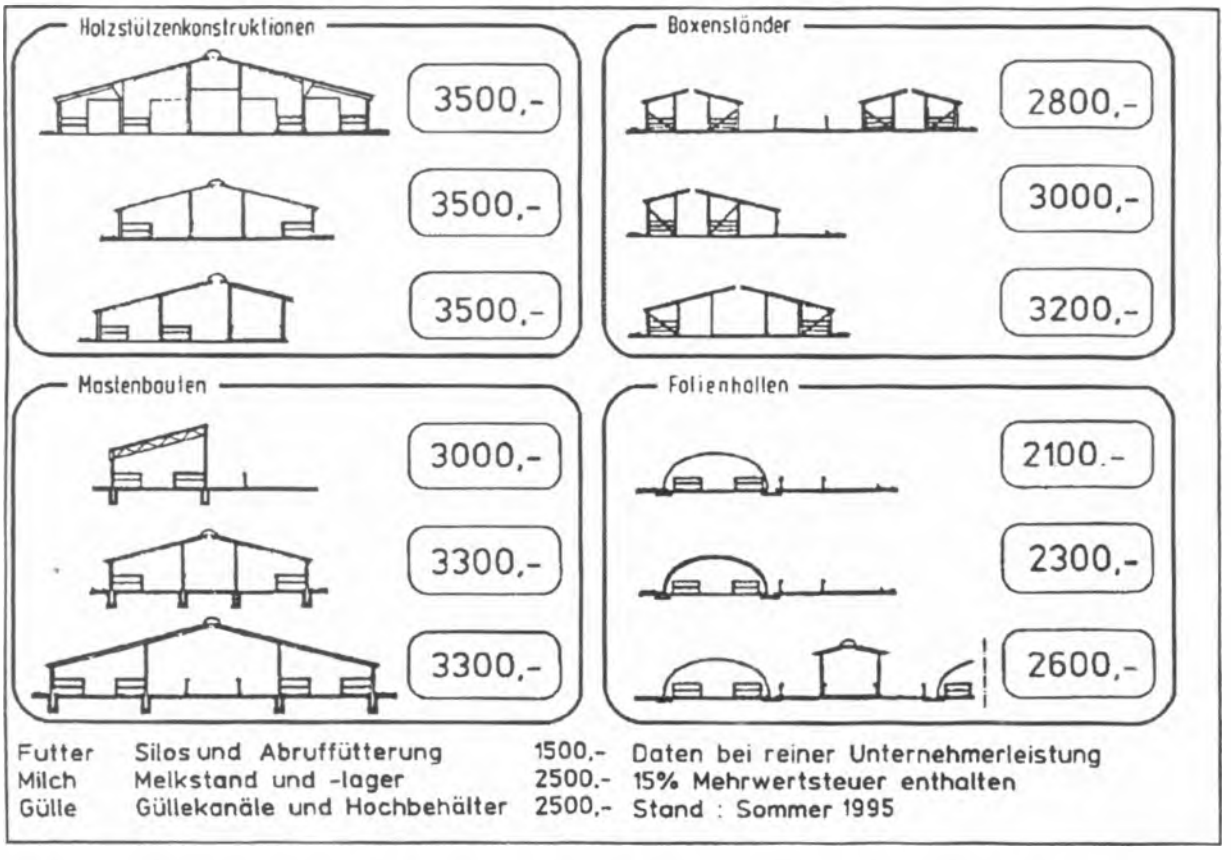


Abb.5: Investitionsbedarf für Liegeboxenlaufställe in Leichtbauweise bei einem Bestand von 60 Milchkühen in DM / Kuh
Kostenblock: Stall;
(Einrichtung 350,-/ Kuh; Fußboden 950,-/ Kuh; Gebäudehülle ...)

Literatur

DRÖGE, G., GARTUNG, J.: Landwirtschaftliche Betriebs-, Lager- und Unterstellbauten. In: Holzbau-Taschenbuch, Band 1: Grundlagen, Entwurf, Bemessung und Konstruktion. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin 1996. S. 737-757.

Investitionsbedarf für landwirtschaftliche Bauten

GARTUNG, JÜRGEN

Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Einleitung

Ohne Gebäude und bauliche Anlagen, das heißt ohne Schutz für Menschen und Tiere, Vorräte und Geräte war und ist unter den klimatischen Bedingungen unseres Landes eine Landbewirtschaftung nicht möglich.

In Jahrhunderten haben sich unterschiedliche Hauslandschaften entwickelt. Das niederdeutsche Hallenhaus beispielsweise, dessen Ausbreitungsgebiet sich über den gesamten norddeutschen Bereich erstreckte, prägte zusammen mit den Nebengebäuden die Landschaften und Dörfer. Abmessungen für Räume und Konstruktionsteile wurden von einer Bauern- und Handwerkergeneration an die nächste weitergegeben, tiefgreifende Veränderungen gab es nicht.

Die Nutzungszeit betrug in vielen Fällen mehrere hundert Jahre.

Neue Betriebsgebäude dagegen werden heute vorwiegend nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten konzipiert und für wesentlich kürzere Nutzungszeiträume gebaut. Organisation und Produktionsrichtung eines landwirtschaftlichen Betriebes können derzeit kaum noch für eine Generation vorausbestimmt werden. Geänderte Rahmenbedingungen oder andere Interessen des Hofnachfolgers bringen häufig eine Neuausrichtung des Unternehmens schon nach wenigen Jahren mit sich. Als Folge davon werden Wirtschaftsgebäude teilweise nur noch 20 oder 30 Jahre genutzt. Damit steht die wirtschaftliche Nutzungsdauer nicht mehr im Einklang mit der technischen Lebensdauer eines Gebäudes. Es ist aber gerade die Nutzungsphase, die der Investition ihren Sinn gibt.

Zur Vermeidung von Fehlinvestitionen bei Baumaßnahmen sind Investitionshandlungen von der Beschaffung des Investitionsobjektes über seine Nutzung bis zu seiner Beseitigung schon in der Planungsphase sorgfältig zu untersuchen.

Verfahren zur Beurteilung von Investitionen

Die Vorteilhaftigkeit einer Investition kann nur in bezug auf die Ziele des Bauherrn beurteilt werden. Es ist dazu erforderlich, daß die erwarteten Konsequenzen hinsichtlich der Nutzung bewertet werden. Im Hinblick auf die monetären Ziele sind die quantifizierbaren Folgen mit Hilfe der Verfahren der Investitionsrechnung zu bewerten. Die nicht-monetären Konsequenzen lassen sich durch Investitionsrechnungen nicht erfassen. Sie sind bei der Investitionsentscheidung zusätzlich zu berücksichtigen. Will man auch dies mittels einer systematischen Methode leisten, so bieten sich Kosten-Nutzen-Untersuchungen an [Möller 1996]. Folgende Verfahren sind nach Möller in der Bauökonomie üblich (Abbildung 1):

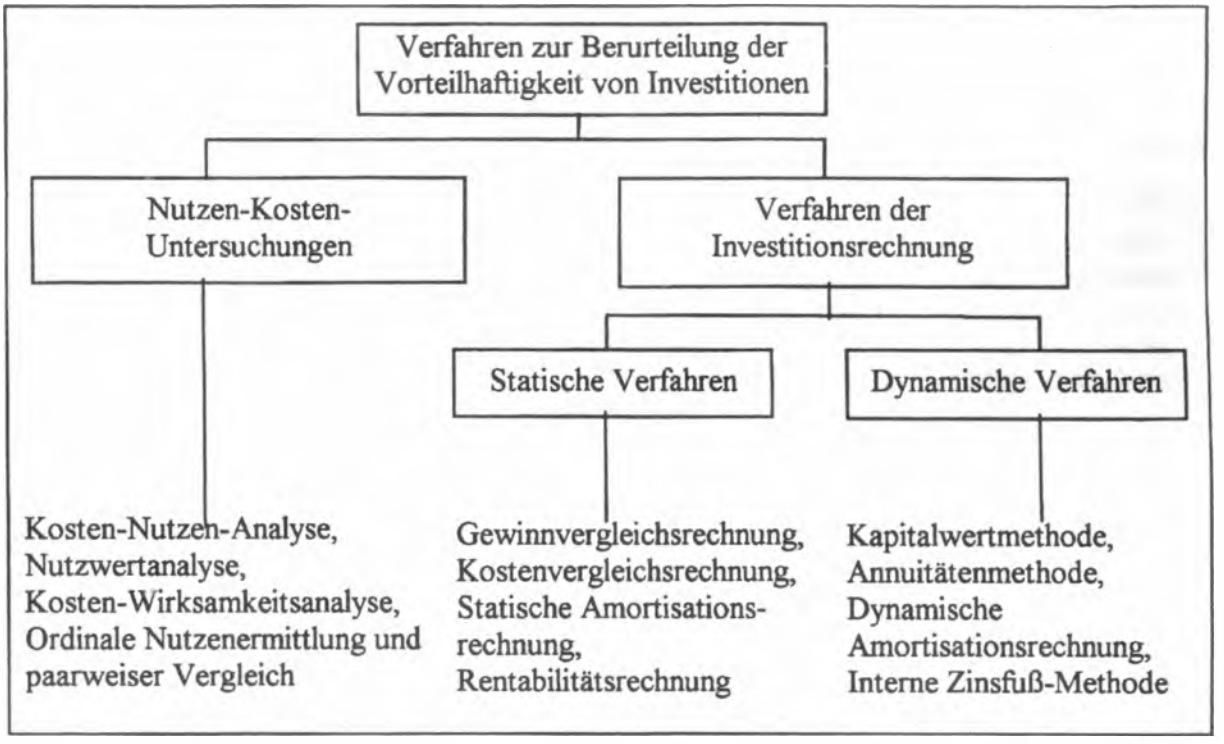


Abb. 1: Verfahren zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit von Investitionen (MÖLLER 1996)

Bei der Beurteilung einer Einzelinvestition ist zunächst zu überprüfen, ob der Nutzen größer ist als die Kosten. Ist dies nicht der Fall, so sollte man die Investition unterlassen. Betrachtet man auch die entgangenen Zinsen, die mit dem eingesetzten Kapital hätten erwirtschaftet werden können, so muß der Erlös wenigstens so hoch sein wie die Kosten einschließlich der kalkulatorischen Zinsen.

Bei der Auswahl aus mehreren Investitionsmöglichkeiten ist zu entscheiden, ob überhaupt eine zur Wahl stehende Alternative wirtschaftlich ist. Wenn dies der Fall ist, kann die Vorteilhafteste ausgewählt werden (Kosten, Kapitalwert, Rendite).

Dieser Vergleich alternativer Lösungen läßt eine wesentliche Vereinfachung im Rechengang zu. Man kann alle Faktoren, die bei allen Alternativen gleich sind, unberücksichtigt lassen.

Beispiel: Beim Kostenvergleich unterschiedlicher Melkstände für einen Milchvieh-Laufstall (Kostenblock: Milch) können die Kostenblöcke STALL, GÜLLE und FUTTER unberücksichtigt bleiben.

Ob eine Ersatzinvestition Vorteile gegenüber der bisherigen Lösung bietet, läßt sich ebenfalls am besten durch Vergleich herausfinden.

Zur Beurteilung einer Bauinvestition werden im allgemeinen die durchschnittlichen jährlichen Kosten der Baumaßnahme herangezogen.

In Abhängigkeit von der Gebäudenutzung ist zu entscheiden, ob neben der Beurteilung der baulichen Jahreskosten auch die Kosten für Maschinen und Arbeit von Bedeutung sind. Bei Wohnhäusern beispielsweise ist das nicht erforderlich, weil alle anfallenden Kosten den Gebäudekosten zugerechnet werden. Es sind dies die Baunutzungskosten nach DIN 18 960. Dazu gehören:

1. Kapitalkosten
2. Abschreibung
3. Verwaltungskosten
4. Steuern
5. Gebäudebetriebskosten
6. Bauunterhaltungskosten.

Der Anteil der Gebäudekosten an den Gesamtkosten ist sehr unterschiedlich und beträgt beispielsweise für ein Mietshaus und verschiedene Gewerbebetriebe:

Wohnhaus	100 %	Hotel	25 %
Parkgarage	75 %	Supermarkt	3 %.
Tennishalle	50 %		

Stand der Entwicklung bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden

Betriebsgebäude für die tierische Produktion erfordern Gebäudekosten zwischen 5 und 20 % der Produktionskosten. Orientierungswerte:

Milchvieh	20 %	Mastschweine	8 %
Mastbullen	15 %	Hühner	5 %
Zuchtschweine	12 %		

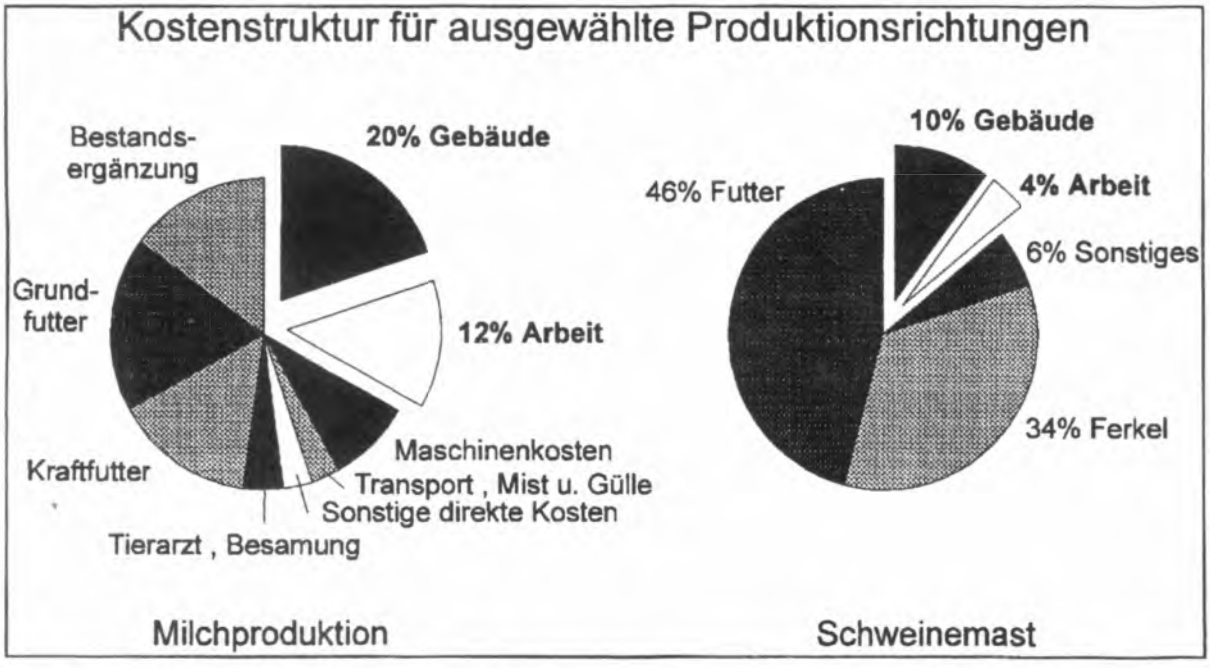


Abb. 2: Kostenstruktur für ausgewählte Produktionsrichtungen; Quellen für Milchproduktion: FUCHS, ZEDDIES und DOLUSCHITZ 1995; GARTUNG und HARTMANN 1995; Quellen für Schweinemast: FUCHS und ZEDDIES 1989; GARTUNG, MÖLLER und PIOTROWSKI 1989

ZEDDIES, DOLUSCHITZ und FUCHS haben für Vergleiche und Bewertungen von Haltungssystemen für Milchvieh und Schweinemast die ökonomischen Daten zusammengestellt (Abbildung 2). Die ökonomischen Kriterien für die Beurteilung sind der Deckungsbeitrag, der kalkulatorische Gewinn und die Gesamtkosten der Produktion bezogen auf eine Nutzeinheit und ein Jahr.

Die Berechnung der Jahreskosten für Gebäude und bauliche Anlagen erfolgte auf der Grundlage der Baukostendaten des Instituts für landwirtschaftliche Bauforschung (ILB) der FAL.

Auch die Einzelpositionen für Abschreibung, Kapitalkosten, Versicherung und Bauunterhaltung entsprechen dem Vorschlag des ILB.

Insgesamt wurden 15 verschiedene Milchvieh-Ställe und 38 Mastschweineställe in Zusammenarbeit mit der KTBL-Arbeitsgemeinschaft "Technik und Bau in der Tierhaltung" bewertet.

Neben der monetären Bewertung sind auch die wichtigsten nicht monetären Kriterien wie Tierverhalten, Tiergesundheit und Hygiene, Herdenführung, Fütterung, Umwelt, Leistungs- und Produktionsdaten und Arbeitzeit berücksichtigt.

Eine ökonomische Analyse von Alternativen zum Aufbau einer wettbewerbsfähigen Viehhaltung in den neuen Bundesländern unter besonderer Berücksichtigung kostensparender Um- und Neubaumaßnahmen für die Milchviehhaltung wurde im Auftrag des BML in gleicher Weise durchgeführt. Neben dem Vergleich des Investitionsbedarfs von 44 ausgewählten Umbaulösungen und 15 Neubaualternativen durch das ILB erfolgte die betriebswirtschaftliche Bewertung durch das FAL-Institut für Betriebswirtschaft [GARTUNG, UMINSKI, FIEDLER 1994].

In beiden Fällen war die Weiterverarbeitung der ILB-Baukostendaten durch Betriebswirtschaftler problemlos möglich. Bei der Ermittlung des Investitionsbedarfs hat sich die Abgrenzung nach DIN 276, Kosten im Hochbau, bewährt. Das Zusammenführen der Gebäudekosten mit den Arbeits- und Maschinenkosten sowie den variablen Kosten zur Gegenüberstellung mit dem Ertrag zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Produktionsverfahrens erfolgt jeweils am Schluß der Bearbeitung. Eine Vermischung der unterschiedlichen Kostenarten ist im Rahmen der Baukostenermittlung nach DIN 276 nicht vorgesehen und unbedingt zu vermeiden. Ein spezielles Programm zur Kalkulation der Wirtschaftlichkeit von Baumaßnahmen in der Milchviehhaltung (Baukuh, erstellt von der Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd, Version 1.1) steht zur Verfügung. Hier können die Baukostendaten eingegeben werden, um sie mit den übrigen Produktionskosten und dem Ertrag zu verrechnen. Finanzierungsbeispiele, auch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Förderungsmöglichkeiten, Arbeitskräfteausstattungen, Tierleistungen usw. werden damit verknüpft.

Für die Raum- und Arbeitszeitplanung ist das Kalkulationsprogramm RZP von Lober vorhanden, das in Verbindung mit der KTBL-Arbeitsgruppe "EDV-Anwendung im landwirtschaftlichen Bauwesen" zur Verfügung gestellt werden kann. Eine Reihe weiterer Programme z.B. zur Ermittlung von Emissionen, Wärmebilanz, Stallklima, Lüftung usw. werden von der vorgenannten Gruppe zur Anwendung vorgeschlagen.

Für die optimale Abstimmung der Gebäude und baulichen Anlagen mit den Maschinen und Arbeitsverfahren ist das Prinzip der Minimal-Kosten-Kombination geeignet.

SEUFERT [SEUFERT und RUCH 1995] schlägt vor, das Kostenoptimum aus den geringsten Jahreskosten aus Bau-, Technik- und Arbeitskosten zu ermitteln. Unterschiedliche Löhne pro AKh sind dabei ebenso in die Betrachtungen einzubeziehen wie unterschiedliche Arbeitszeiten pro Nutzeinheit für die entsprechenden Stallsysteme.

Darüber hinaus geben Variationsrechnungen mit unterschiedlichen Marktleistungen, Zinssätzen und Abschreibungszeiten erst Aufschluß über wirtschaftliche und unwirtschaftliche Lösungen.

Baukostendaten in DM pro Nutzeinheit stehen für eine Reihe von Stallgebäudesystemen und Bestandsgrößen für Milchvieh, Kälber- und Jungrinder, Mastbullen, Mastschweine und Zuchtschweine zur Verfügung [GARTUNG, UMINSKI, PREIß 1997]. Unterschiedliche Entmistungsverfahren, Melkstände und Fütterungsverfahren können durch die Unterteilung nach Kostenblökken im Sinne der Minimal-Kosten-Kombination entsprechend berücksichtigt werden.

Die Ebene der Kostenblöcke bietet sich auch an, um quantifizierte Stall-Tier-Interaktionen in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen einzubeziehen. Nach BOCKISCH [BOCKISCH, GUTH und KLEMENT 1996] lassen sich Wohlbefinden und Gesundheitszustand der Tiere in Leistungssteigerungen oder -minderungen ausdrücken. Diese Stall-Tier-Koeffizienten können dann in die Erträge oder die variablen Kosten von Kosten-Nutzen-Berechnungen einfließen. Da Tiere auf Fehler in einer "technisierten Umwelt" empfindlich reagieren, sind die Bedingungen, z.B. im Stallraum weiter zu verbessern, um sie zu hohen Leistungen zu befähigen [WENNER 1982]. Wenn sich z.B. durch besondere Bauausführungen oder größere Flächen der Nutzen erhöht, können unter Umständen auch höhere Baukosten akzeptiert werden. Die Verbesserungen in bezug auf Wirtschaftlichkeit, Tiergesundheit, Arbeitserleichterung, Umweltschutz usw., die durch Kosten-Nutzen-Untersuchungen nachgewiesen werden, sollten bei neueren Baukonzepten eingeplant werden. Auf der Ebene der Kostenblöcke lassen sich die Veränderungen auch kostenmäßig bei untersuchten Standardlösungen erfassen.

Baukostendaten für landwirtschaftliche Bauten

Die Übernahme der ILB-Baukostendaten von anderen Forschungs- und Beratungsstellen, Architekten und Bauherren für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen ganzer Produktionssysteme wird ausdrücklich begrüßt. Die Bereitstellung der Daten erfolgt im KTBL-Taschenbuch, KTBL-Baukosten-Informationsblättern und auf Datenträger zusammen mit dem Arbeitsblatt BAUKODA für das Tabellenkalkulationsprogramm Quattro Pro durch das KTBL. Weiterhin wird die Bereitstellung der Daten im Internet (PREIß, GEORG, GARTUNG 1997) vorbereitet.

Eine wesentliche Grundlage für die Ermittlung der baulichen Jahreskosten ist die Kenntnis von der Höhe der Erstausgaben-Investition, der Kosten im Hochbau nach DIN 276.

Um möglichst zutreffende Aussagen über die zu erwartenden Baukosten machen zu können, benötigt man Kostendaten.

Sammlungen von Baukostendaten, wie sie beispielsweise vom Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKB) für Hochbauten bereitgestellt werden, vermitteln eine wesentlich größere Kostensicherheit als einzelne Berechnungen in der Vorplanungsphase.

Kostendaten für landwirtschaftliche Betriebsgebäude sind in der BKB-Dokumentation bisher kaum berücksichtigt.

Die vorgenannten Kostendaten des Instituts für landwirtschaftliche Bauforschung, ebenfalls aus gebauten und abgerechneten Objekten abgeleitet und nach der gleichen Kostengliederung aufbereitet, decken den Bereich der Neubauten von Rindvieh- und Schweineställen der heute üblichen Bestandsgrößen und Haltungsverfahren weitgehend ab.

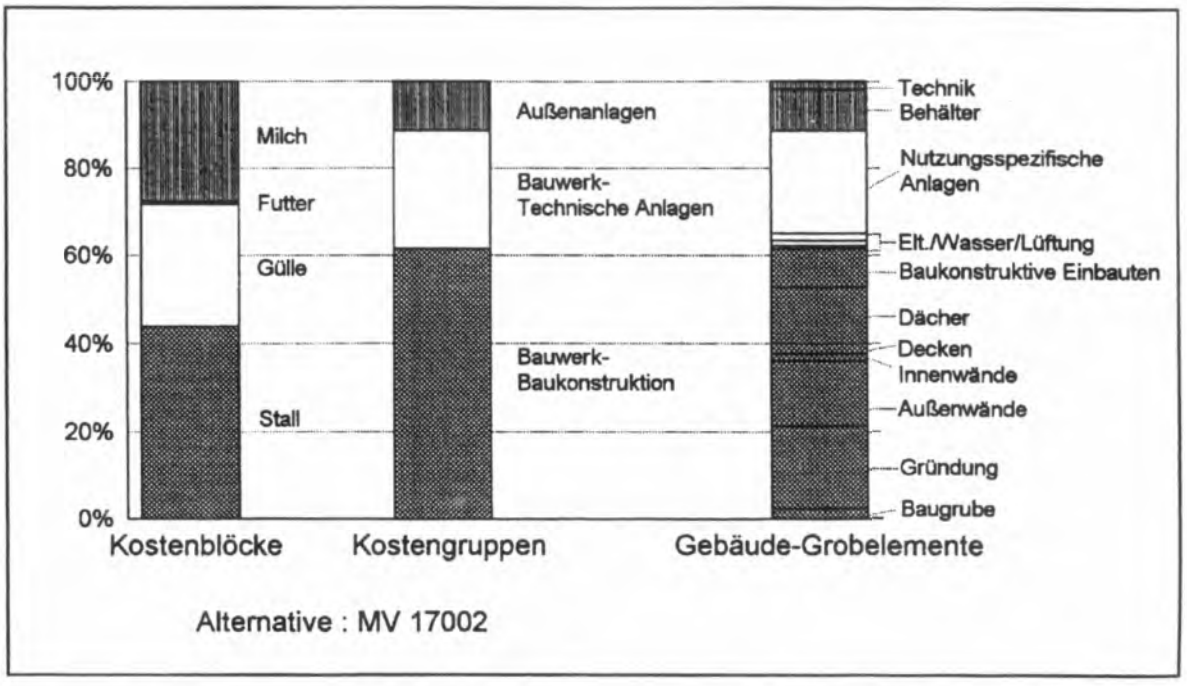


Abb. 3: Baukosten eines Milchviehstalles. Aufteilung nach Kostenblöcken, Kostengruppen und Gebäude-Grobelementen

ILB-Baukosten-Verbundsystem

Der Feinheitsgrad einer Kostenermittlung ist vom Stand der Planung und den verfügbaren Zeichnungen, Berechnungen und Baubeschreibungen abhängig. Die üblichen Arten der Kostenermittlungen sind in der DIN 276, Kosten im Hochbau, nach ihrem Zweck, den erforderlichen Grundlagen und dem jeweiligen Detaillierungsgrad beschrieben. Es wird unterschieden zwischen Kostenschätzung, Kostenberechnung, Kostenanschlag und Kostenfeststellung.

Nach dem ILB-Baukosten-Verbund-System (Abbildung 4) ist es möglich, die Baukosten von der fein gegliederten Ebene der Einheitspreise nach Leistungsbereichen über die Gebäudeelemente bis zur groben Gliederungsstufe der Kostenblöcke durchgängig mit EDV zu bearbeiten [GARTUNG 1989].

Kostenblöcke sind funktionsbezogene Gebäudeteile oder Bauteilgruppen. Bei Stallgebäuden sind es die Kostenblöcke: STALL, GÜLLE/MIST, FUTTER und MILCH. Eine weitere Unterteilung nach Abschreibungszeiten wird zur Ermittlung der baulichen Jahreskosten aus Abschreibung, Verzinsung, Versicherung und Bauunterhaltung vorgenommen.

Kostenblock STALL

Investitionsbedarf für alle "Baukonstruktionen und technischen Anlagen" des Bauwerkes (Kostenguppen 300 und 400 nach DIN 276, Kosten im Hochbau) im Stallbereich.

Kostenblock GÜLLE/MIST

Investitionsbedarf für "Baukonstruktionen und technische Anlagen" zum Transport und zur Lagerung von Gülle, Mist und Jauche. Dieser Kostenblock umfaßt die Bauteile des Bauwerkes und auch der Außenanlagen.

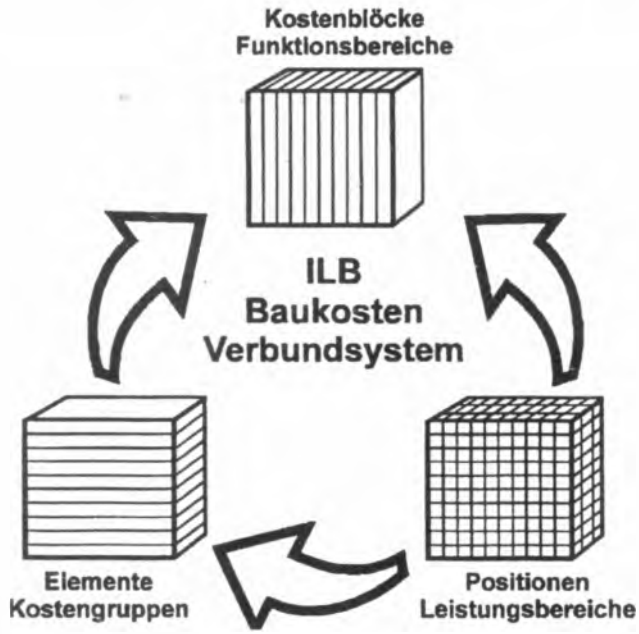


Abb. 4: Baukosten-Verbundsystem

Kostenblock FUTTER

Investitionsbedarf für "Baukonstruktionen und technische Anlagen" für Futterlager, Futteraufbereitung und Futtervorlage im Bauwerk und in den Außenanlagen.

Kostenblock MILCH

Investitionsbedarf für "Baukonstruktionen und technische Anlagen" zum Milchentzug, zur Milchkühlung und Milchlagerung.

Gebäude-Elemente sind konstruktonsbezogene Bauteile oder Bauteilgruppen.

Der Kostenrahmen berücksichtigt die Gliederung nach DIN 276/06.93 (Kosten im Hochbau). Die Kostengliederung sieht 3 Ebenen vor. Diese sind durch dreistellige Ordnungszahlen gekennzeichnet. In der 1. Ebene der Kostengliederung werden die Gesamtkosten in folgende sieben Kostengruppen gegliedert:

100 Grundstück
200 Herrichten und Erschließen
300 Bauwerk - Baukonstruktionen
400 Bauwerk - Technische Anlagen
500 Außenanlagen
600 Ausstattung und Kunstwerke
700 Baunebenkosten

Die 2. Ebene der Kostengliederung für die Kostengruppen:

300 Bauwerk - Baukonstruktionen
310 Baugrube
320 Gründung
330 Außenwände
340 Innenwände
350 Decken
360 Dächer
370 Baukonstruktive Einbauten

400 Bauwerk - Technische Anlagen
410 Abwasser, Wasser ...
420 Wärmeversorgungsanlagen
430 Lufttechnische Anlagen
440 Förderanlagen
450
460
470 Nutzungsspezifische Anlagen

Zur Nutzung der EDV ist eine durchgängige Systematisierung erforderlich. So wird an die 2. Stelle die Kennzeichnung des Grobelementes gesetzt. Die weitere Unterteilung der Grobelemente ergibt die Gebäude-Elemente (3. Stelle). Eine weitere Unterteilung ist möglich.

Für den Bereich des landwirtschaftlichen Bauens wurde der Elementkatalog (von Hutzelmeyer 1989 und BKB 1996) im Bereich der "Baukonstruktiven Einbauten" und der "Nutzungsspezifischen Anlagen" erweitert und auf die speziellen Bedürfnisse angepaßt.

Die ausführungsorientierte Gliederung der Kosten erfolgt nach Leistungsbereichen des Standardleistungsbuches, was formal der zweiten Ebene der Kostengliederung nach DIN 276 entspricht.

Mit dem Baukosten-Verbundsystem ist es möglich, die Baukosten auf unterschiedlichen Ebenen zu erfassen. Für die Feindaten wird ein handelsübliches AVA-Programm verwendet. Für die Datenaufbereitung ist das Arbeitsblatt BAUKODA für ein Tabellenkalkulationsprogramm vom ILB entwickelt. Es wird vom KTBL zusammen mit den Baukostendaten vertrieben.

Literatur

BOCKISCH, F.-J.; GUTH, N.; KLEMENT, S. (1996): Kosten-Nutzen-Relation für Stallgebäude. Landtechnik 51 (1996) H. 1, S. 42-43.

FUCHS, C.; ZEDDIES, J. (1989): KTBL-Schrift 335, Haltungssysteme Mastschweine, Ökonomische Bewertung der Modelle und der Haltungsverfahren für die Schweinemast, S. 118-133.

FUCHS, C.; ZEDDIES, J.; DOLUSCHITZ, R. (1995): KTBL-Schrift 365, Eingestreute Milchviehlaufställe, Ökonomische Bewertung, S. 95-107.

GARTUNG, J. (1989): Methoden zur Baukostenermittlung von landwirtschaftlichen Gebäuden und baulichen Anlagen. Landtechnik 44 (1989) H. 7/8, S. 298-300.

GARTUNG, J.; HARTMANN, W. (1995): KTBL-Schrift 365, Eingestreute Milchviehlaufställe, Investitionsbedarf, S. 66-82.

GARTUNG, J.; MÖLLER, m.; PIOTROWSKI, J. (1989): KTBL-Schrift 335, Haltungssysteme Mastschweine, Bau und Technik, S. 44-60.

GARTUNG, J.; UMINSKI, K. (199): Landbauforschung Völkenrode

MÖLLER, D.-A. (1996): Planungs- und Bauökonomie Band 1: Grundlagen der wirtschaftlichen Bauplanung. 3. Auflage S. 62-99.

SEUFERT, H.; RUCH, W. (1995): KTBL-Arbeitspapier 226, Bauen für die Milchviehhaltung, Einstreu oder einstreulos im Milchviehstall, S. 19-38.

WENNER, H.-L. (198): Landtechnik Bauwesen, Teil B: Verfahrenstechniken. Verfahren der tierischen Produktion, S. 301.

Athena — ein integriertes Informationskonzept für das landwirtschaftliche Bauen

ARTHUR LIPPUS[1], HEIKO GEORG[2] UND FRANK PREIß[2]

[1] Metis Business Innovation, Postbus 415, 3990 GE Houten (Niederlande)

[2] Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Einleitung: Die Planung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude müssen als große Produktionseinheiten für Landwirte gesehen werden, für die nicht nur ein funktionsgerechter Entwurf, sondern auch möglichst niedrige Betriebskosten wichtige Faktoren sind. Beim Entwurf eines landwirtschaftlichen Betriebsgebäudes kommt es auf die für die Situation des Landwirts günstigste Kombination von Technik (zum Beispiel für Belüftungssysteme, den internen Verkehr und die Güllebehandlung) und Materialien für die Bauelemente an. Spezialisierte Berater helfen den Landwirten, den für ihre Zwecke geeignetsten Entwurf zu finden und die richtige Entscheidung für die Bauweise und die Baustoffe zu treffen. Auch während der Bauarbeiten stehen sie ihnen mit Rat und Tat zur Seite. Die Tätigkeit der Berater beruht auf ihrem Spezialwissen und ihrer Erfahrung. Nichtsdestoweniger wird ihre Arbeit durch die stets höheren Anforderungen an die Gebäude, durch neue und komplexere Baumethoden wie auch durch die in zahlreichen Vorschriften und Gesetzen auferlegten Beschränkungen erschwert.

Gegenwärtige Situation

In der gegenwärtigen Situation besucht der Berater den Landwirt, setzt sich mit ihm um den Küchentisch und arbeitet dort mit ihm die Ideen aus. Zunächst werden die Funktionen des Gebäudes genau umschrieben. Diese Spezifikation besteht aus einer detaillierten Beschreibung der Typen und Kapazität der gewünschten Einrichtungen. Das Endergebnis ist eine von Hand angefertigte Skizze eines oder mehrerer alternativer Konzeptentwürfe. Für diese Skizzen werden pauschale Kostenvoranschläge auf der Grundlage durchschnittlicher Betriebsbedingungen erstellt.

Der Berater gibt die Skizzen an den Zeichner weiter, der den Plan in Absprache mit dem Landwirt nach und nach verfeinert. An dieser Stelle entsteht ein Planungskreislauf zwischen der Überarbeitung der Zeichnungen im CAD-System des Zeichners und neuen Entwurfsvarianten durch Änderungen des Beraters bzw. Landwirts. Der Zeit- und Kostenaufwand, der mit der Ausarbeitung aller (Konzept-)Pläne für alternative Entwürfe und Kostenvoranschläge verbunden ist, steigt jedoch ins Unermeßliche. Daher wird der Berater gemeinsam mit dem Landwirt meistens nur eine Alternative auswählen, von der in der Geschäftsstelle eine technische Zeichnung angefertigt wird. Erst nachdem der Plan während

mehrerer Besprechungen definitive Formen angenommen hat, wird er zu detaillierten Zeichnungen ausgearbeitet.

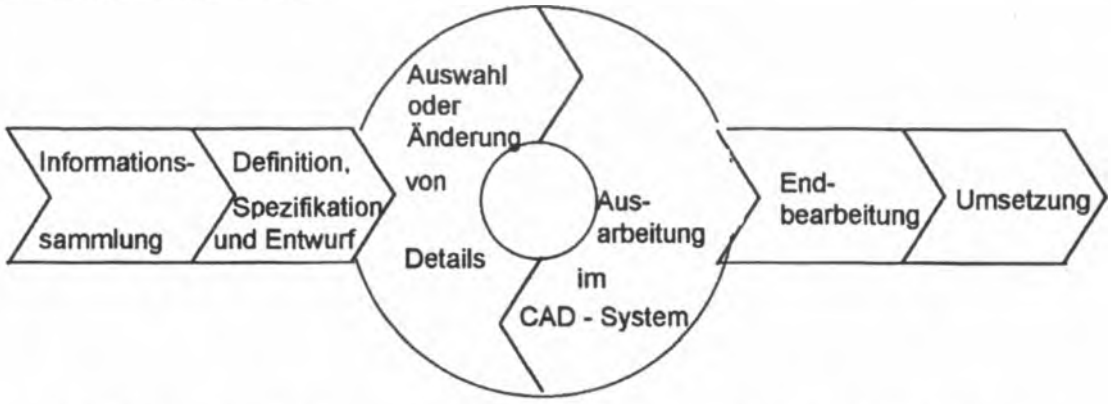


Abb. 1: Ablaufschema eines Beratungsprozesses für die Planung landwirtschaftlicher Gebäude

Trennung von Beratung und grafischem Entwurf

Im weiteren Verlauf des Beratungsprozesses gibt der Berater die Informationen an ein Büro zur Detailbearbeitung weiter. Dies bedeutet, daß eine Trennung des Planungskreislaufs zwischen zeichnerischer Bearbeitung und der Bewertung oder Überarbeitung der Varianten durch den Berater/Landwirt stattfindet (Abb. 2).

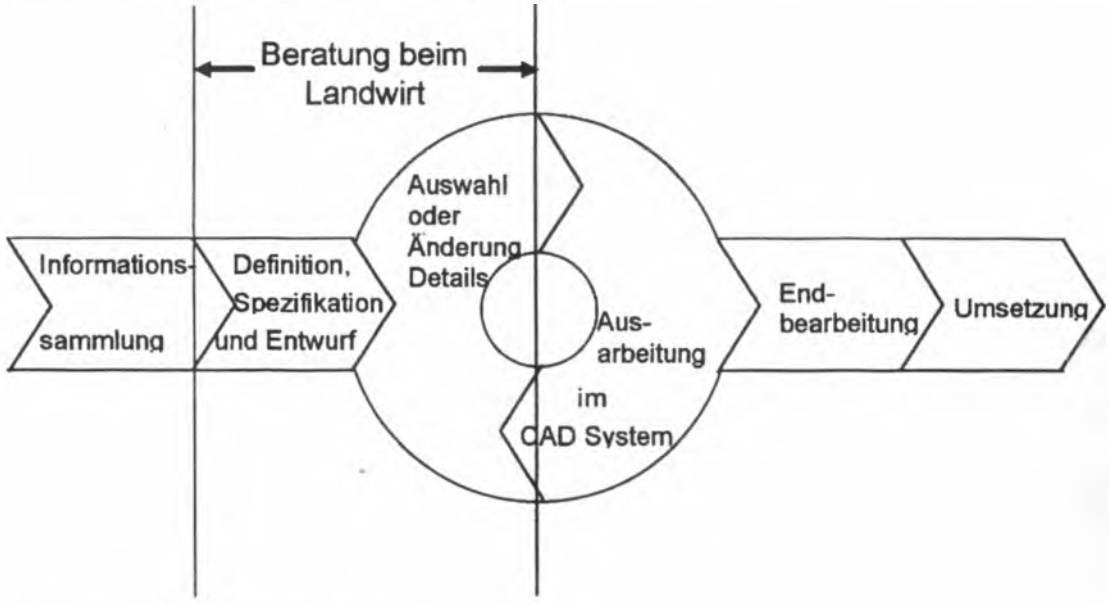


Abb. 2: Trennung im Planungskreislauf

Änderungen am Entwurf müssen zwischen allen Beteiligten abgesprochen werden. Da dies auf mündlichem oder schriftlichem Wege erfolgt, ist der Informationstransfer oft ineffizient und unvollständig, so daß leicht Mißverständnisse entstehen können. Auch wird es, je weiter der Prozeß fortschreitet, schwieriger, Änderungen miteinzubeziehen oder sich für eine andere Möglichkeit zu entscheiden und noch über eine der Alternativen nachzudenken. Dadurch wird

es problematisch, die verschiedenen Möglichkeiten genauer gegeneinander abzuwägen. Bei der Beschlußfassung ist der Landwirt also mehr oder weniger nur vom Know-how und der Erfahrung des Beraters abhängig.

Das Athena-Konzept

Bei der Anwendung von Athena finden die ersten Schritte in der Planung dort statt, wo sie hingehören: am Küchentisch des Landwirts. Der Berater verwendet während seines Besuchs einen Laptop, in den AutoCAD, Microsoft Office, Internet-Software und das Athena-Paket implementiert sind. Gemeinsam mit dem Landwirt beginnt der Berater in den AutoCAD-Menüs von Athena die funktionellen Anforderungen für das Betriebsgebäude zu definieren Dies bedeutet, daß die Trennungslinie im Planungsablauf nach rechts verschoben wird und mehr Planungsalternativen erarbeitet werden können (Abb. 3). Als Ergebnis erhält der Zeichner einen wesentlich detaillierteren Plan in digitaler Form. Der Berater erstellt den Konzeptentwurf anhand der Funktionsanforderungen. Ein Teil von Athena besteht aus objekt-orientierten, mit speziell für den Entwurf von landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden erweiterten Anwendungen von AutoCAD. Diese Anwendungen befreien den Berater von den ersten, sich wiederholenden und zeitraubenden Aufgaben der Auswahl, der Verbindung, der Anlage und Bemaßung der Baukomponenten auf dem Weg zu Lösungen für einen Konzeptentwurf (Abb. 4). Im Entwurf-System werden Objekte mit allen physikalischen und abstrakten Komponenten von landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden definiert. Athena verwendet diese Komponenten und ihre Beziehungen gemäß ihrer Funktionen und organisiert und speichert alle Daten in einem Produktmodell. Athena baut interaktiv und schrittweise Entwurflösungen aufgrund der gewünschten Funktionen auf, indem es die Entwurfregeln zusammen mit den Komponenten verwendet. So kann der Berater sein Augenmerk auf die Beschlußfassung lenken und sich auf sein wertvolles Spezialwissen konzentrieren. Mit Athena wird der Konzeptentwurf erheblich beschleunigt. Auch Änderungen der gewünschten Funktionen können leicht eingeführt werden. So kann der Berater die Folgen alternativer Spezifikationen schnell beurteilen oder den Konzeptentwurf genauer den Wünschen des Landwirts entsprechend umgestalten.

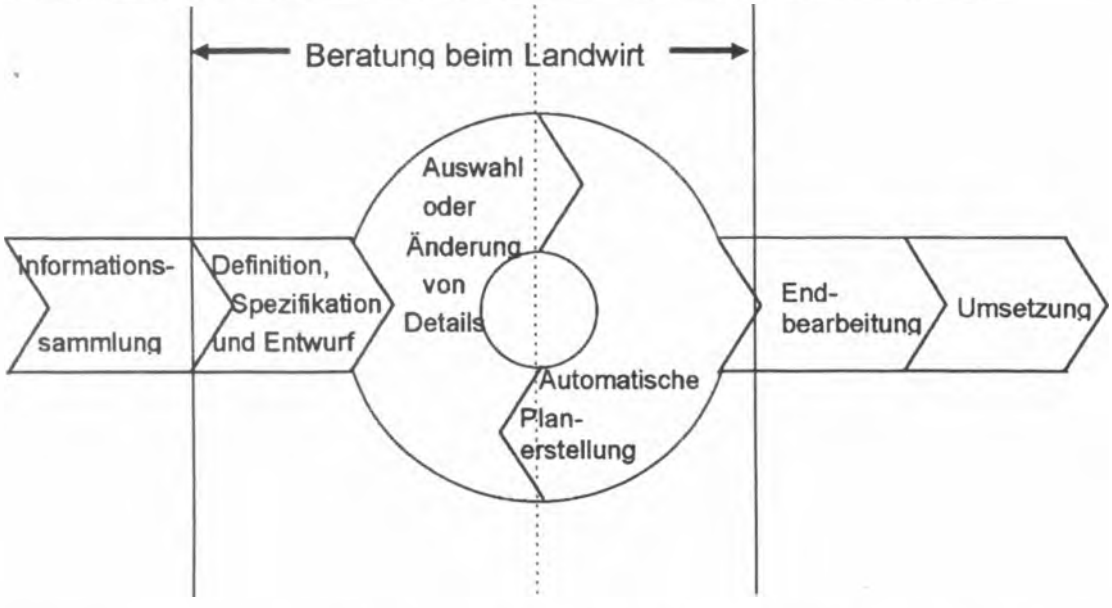


Abb. 3: Konzeptioneller Ansatz: Aufhebung der Trennung von Beratung und Zeichnungsentwurf

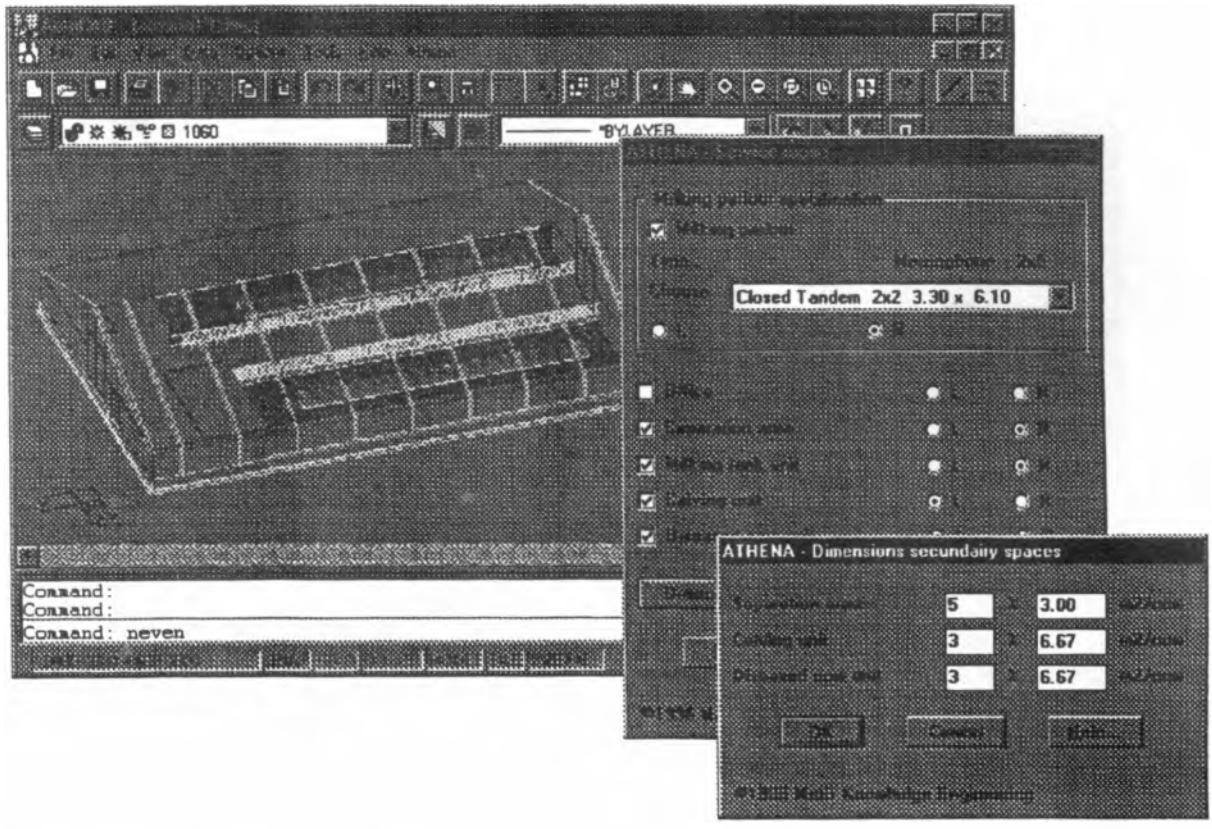


Abb. 4: Athena Menüs zur Definition der funktionellen Anforderungen der Betriebsräume für die Erstellung eines Konzeptentwurfs für einen Milchviehstall

Integration von Fachwissen im Planungsprozess

Ein weiteres Problem im herkömmlichen Beratungs- und Planungsprozeß ist die Verantwortung des Beraters für die fachliche Information des Landwirts. Das für den Planungsablauf notwendige Fachwissen wird alleine durch den Berater eingebracht, der für die Richtigkeit dieser Informationen aber auch garantieren muß. Zur Unterstützung des Beraters enthält der Athena-Katalog im Internet Informationen über Baustoffe, CAD-Bauteilkataloge von Herstellern und andere Produktinformationen. Das Internet bzw. World Wide Web (WWW) kann aber auch zu Informationsbeschaffung für Fragen im Zusammenhang mit Genehmigungsverfahren dienen (Abb. 5). Dazu kann über entsprechende Verknüpfungen (Links) auf Gesetzestexte oder Entscheidungssammlungen zurückgegriffen werden. Durch Links können zum Beispiel auch Rechtsinformationen aus Deutschland mit einbezogen werden.

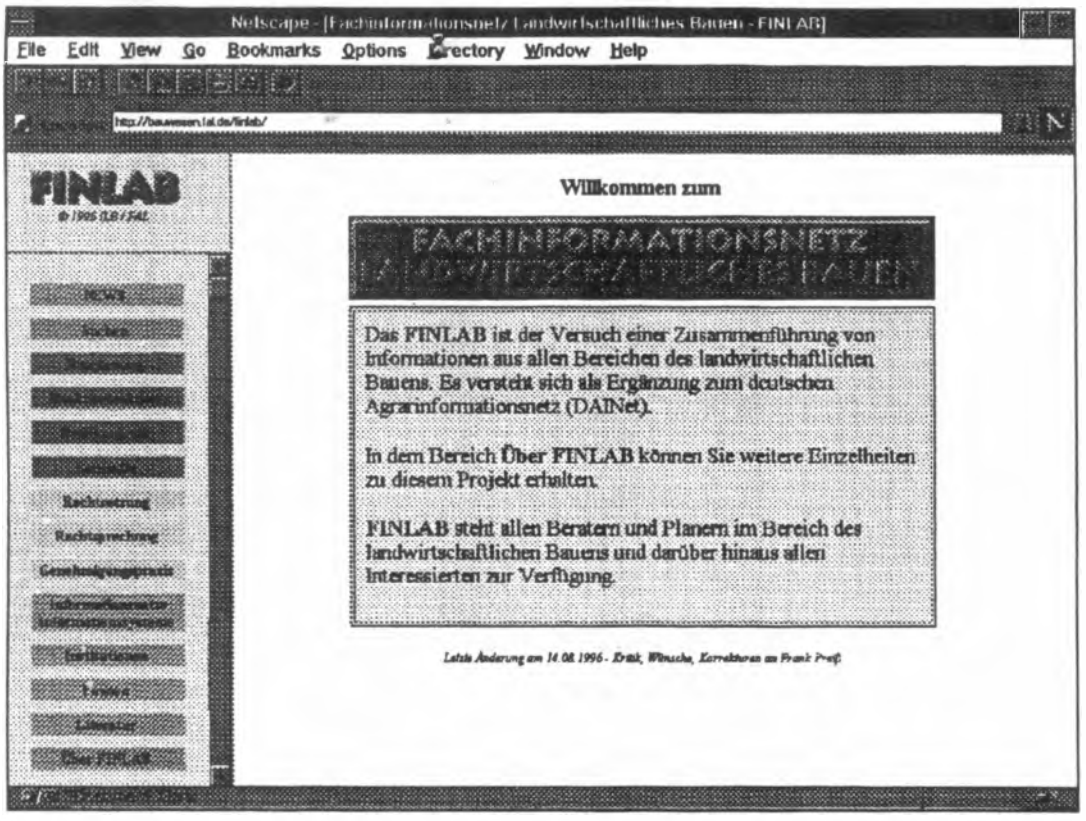


Abb. 5: Einbindung von zusätzlichen Informationen zu Baugenehmigungsverfahren durch das Internet am Beispiel des Fachinformationsnetzes landwirtschaftliches Bauen

Der Berater kann dem Landwirt die Grundlagen und die Funktionalität der Bauweisen und Bauteile erklären, indem er ihm kleine Simulationen und Animationen direkt aus dem Internet zeigt und sie in seinen Entwurf verarbeitet. Außerdem kann er Bauunternehmer und Lieferanten direkt um Zusendung von ergänzenden Informationen über Bauweisen und Baustoffe ersuchen. Der Vorteil für den Hersteller liegt darin, daß seine Produkte direkt dem Landwirt präsentiert werden.

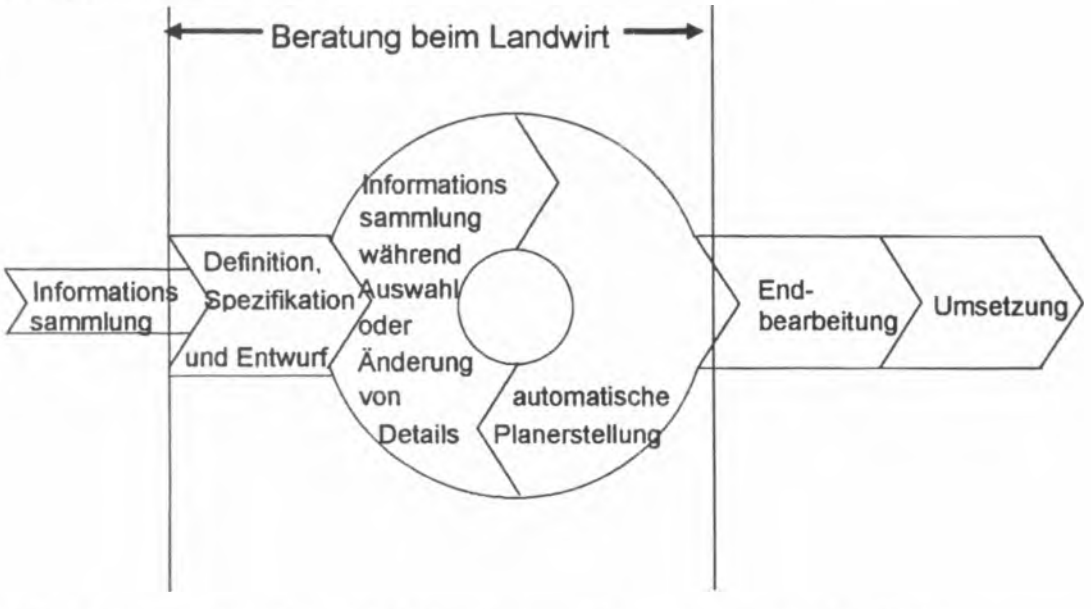
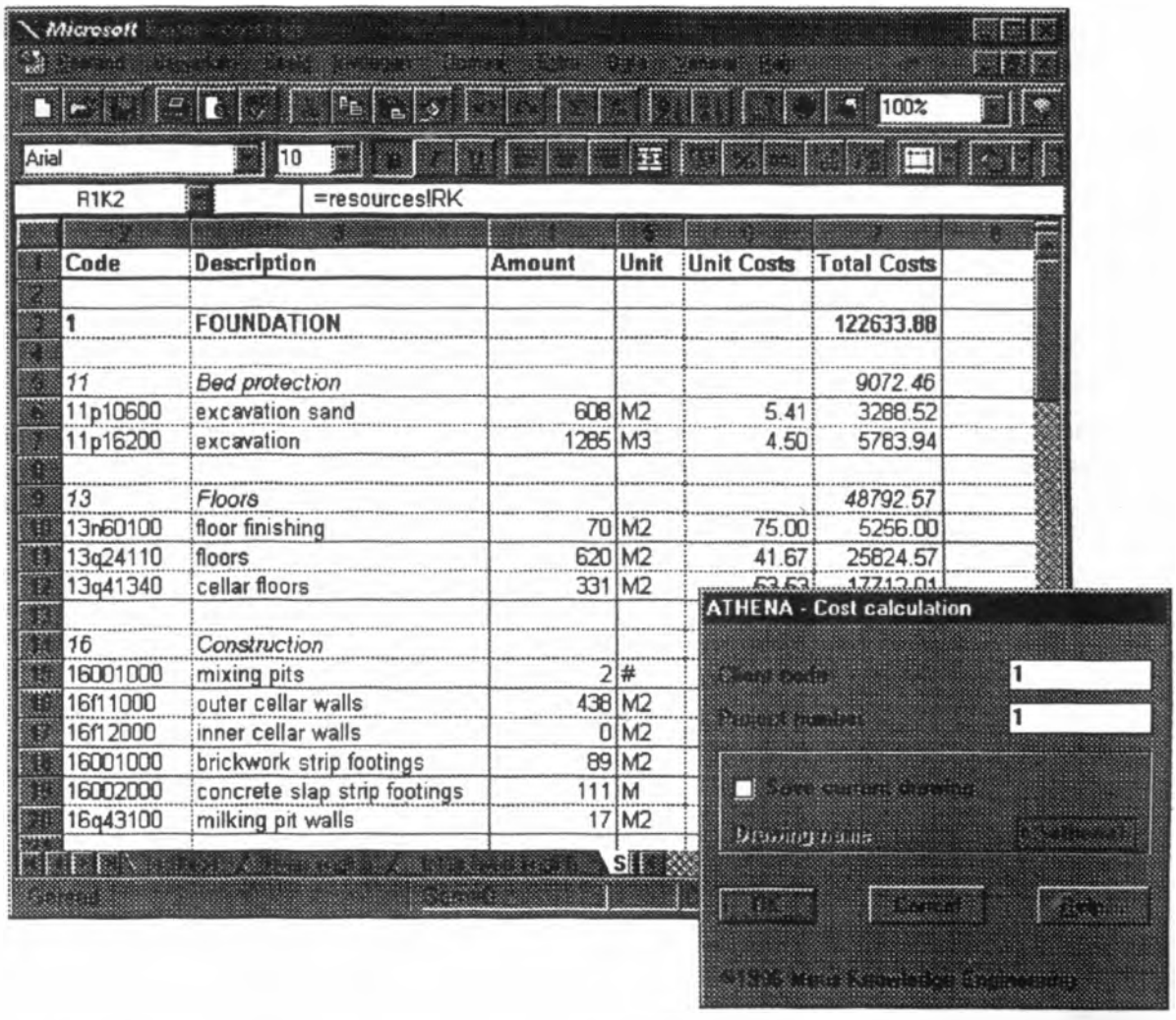


Abb. 6: Schematische Darstellung der Informationserweiterung im Planungskreislauf

Baukostenschätzung auf verschiedenen Ebenen

Für jeden (Konzept-)Entwurf kann der Berater eine pauschale Kostenberechnung für das Produktmodell über ein Interface mit Microsoft Excel (Abb. 7) erstellen. Athena listet alle Objekte im Produktmodell pro Typ oder Bauteil auf und schickt diese Mengen auf das Spreadsheet. Im Spreadsheet wird, zusammen mit den Preisen pro Einheit der verschiedenen Typen Bauteile, ein Bericht generiert. Die Methode zur Berechnung der Baukosten kann entsprechend den üblichen Standards für die Niederland und Deutschland gestaltet werden.



	Code	Description	Amount	Unit	Unit Costs	Total Costs
1						
2	1	FOUNDATION				122633.88
3						
4	*11*	*Bed protection*				*9072.46*
5	11p10600	excavation sand	608	M2	5.41	3288.52
6	11p16200	excavation	1285	M3	4.50	5783.94
7						
8	*13*	*Floors*				*48792.57*
9	13n60100	floor finishing	70	M2	75.00	5256.00
10	13q24110	floors	620	M2	41.67	25824.57
11	13q41340	cellar floors	331	M2	53.53	17712.01
12						
13	*16*	*Construction*				
14	16001000	mixing pits	2	#		
15	16f11000	outer cellar walls	438	M2		
16	16f12000	inner cellar walls	0	M2		
17	16001000	brickwork strip footings	89	M2		
18	16002000	concrete slap strip footings	111	M		
19	16q43100	milking pit walls	17	M2		

Abb. 7: Kostenberechnung mit Hilfe der direkten Athena Verbindung mit einem Spreadsheet.

Umsetzung des Planungsentwurfs

Sind der Berater und der Landwirt mit dem (Konzept-)Entwurf zufrieden, kann das vollständige Produktmodell über Internet in das Zeichenbüro der Geschäftsstelle gesendet werden. Der Zeichner verwendet zusätzliche AutoCAD Anwendungen in Athena, um den Konzeptentwurf im Detail auszuarbeiten (Abb. 4). Es können Auftragszeichnungen inklusive

Bemaßung hergestellt werden. In dieser Detail-Entwurfphase können auch die neuesten Bauweisen, Baustoffe, sowie neue Vorschriften und gesetzliche Bestimmungen, die man im WWW bekommen kann, weiterverarbeitet werden. Ebenso können mit Athena detaillierte Kostenvoranschläge, spezifizierte Angebote und die Projektplanung erstellt werden. Projekte und ihre Dokumente werden in einem Workflow Management System organisiert und können überprüft, rot unterstrichen und entweder vom Berater über Internet oder anläßlich seines Besuchs in der Geschäftsstelle beurteilt werden.

Hat der Landwirt einen Internet-Anschluß, können die Dokumente über Internet auf einer eingeschränkten Homepage abgerufen werden. Dadurch ist der Berater in der Lage, den Landwirt auf dem Laufenden zu halten. Links zu eingebetteten Bauteilen, Baustoffen, Vorschriften und Gesetzen können integriert werden, so daß sich der Landwirt genauer informieren kann. Schließlich kann der Berater den Landwirt noch einmal besuchen, um das Projekt abzurunden. Bauunternehmer und Lieferanten können direkt vom Produktmodell Zeichnungen, Angebote und Bestellisten erhalten. Auch kann in diesem Fall die Information über Internet versendet werden.

Schlußfolgerungen

Athena unterstützt die Berater in der landwirtschaftlichen Bauindustrie bei ihren Dienstleistungen für die Landwirte. Sowohl die Berater als auch die Landwirte können die Pläne für die Betriebsgebäude genauer im Hinblick auf die spezifische Betriebssituation betrachten. Athena verringert die für die Erstellung des Entwurfs erforderlichen Schritte und den Zeitaufwand. Auch der Informationsaustausch zwischen den verschiedenen beteiligten Personen wird vereinfacht. Dadurch wird die Qualität der Bauberatung erhöht, vor allem aber findet die Planung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude dort statt, wo sie hingehört: am Küchentisch des Landwirts.

Animal protection laws and their effect on Danish pig production

BØRGE MORTENSEN

The National Committe for Pig Breeding, Health and Production
Danske Slagterier
Axelborg, Axeltorv 3
1609 Copenhagen V
Denmark

The Danish pig producers are these years producing approximately 20 million slaughter pigs. In 1970 the production was approximately 10 million. The production increase is due to a vigorous intensifying and effectivity of the production systems, concurrently with intense structural changes towards fewer and larger units. There are now approximately 22.000 pig producers, but 80 per cent of the pigs are produced by approximately 6.000 producers.

Denmark exports nearly 80 percent of the total pig production. In order to compete in the world market, effectivity and cost reductions are essential. Effectivity is implemented by optimal utilization of the housing units, good health standards, feed conversion and continuous breeding progress.

The future of Danish pig production is conditional of animal protection and environmental legislations do not impose unrealistic expenses on production, and that there is no legislation differences with that of competing countries.

Production systems

From approximately 1975 until the latter part of the eighties, a significant intensifying of housing systems and inventory took place in Danish pig production:

- Gestant sows in stalls or tethered
- Nursing sows tethered in pens with partly or fully slatted floors
- Sectioned batch operations of piglets and finishing pigs on fully slatted floors. The space is completely utilized.

These systems are generally retained, and represent the larger part of production units. During recent years, there has been an understanding that intensive pen utilization requires good health and environment, as it will otherwise result in reduced production. This means that the intensive systems are retained, but in consideration of production as well as work routines, the dimensions on the pens have increased and the density rate decreased. Also under debate are animal welfare and consumer group wishes generated according to specific guidelines.

This has lead to a development of alternative production systems - among others - pens to loose housed dry sows, two-climate housing for piglets and finishing pig. Pens with partly slatted floors. The goal was to develop alternative production systems, where on the basis of less costly buildings and raw materials, you could achieve the same total economy as with intensive production.

Simultaneously special products are being produced based on for example reduced stocking density, use of straw bedding, or outdoor herds.

These products are sold to consumers accepting an increased price. In 1997 the Ministry of Agriculture marketed a control function (labels) for pork produced and treated according to specific guidelines. It is expected that approximately 10 per cent of the Danish consumption will be produced in concurrence with these guidelines. That is equal to less than 2 per cent of the total production.

Development of pig houses and production systems for pigs is carried out in cooperation with the national research institutions and the National Committee for Pig Breeding, Health and Production.

The organizing structure in Denmark, where the cooperatives mean close cooperation between research, experiments, advisory service and pig producers, ensures that the knowledge available will reach the persons involved very fast.

The development work under the National Committee for Pig Breeding, Health and Production is carried out by the Danish Applied Pig Research scheme, which currently conducts development and experiments with approx. 50 pig producers with a considerable number of pigs.

Animal protection laws in Denmark

As a member of EU, Denmark is required to follow the legislated animal protection laws. The individual member countries are permitted to practice a tighter legislation than the EU requirement. But Denmark has - as opposed to for example UK and Sweden - chosen to follow the EU- directives closely.

The most significant requirements in EU-animal protection laws are as follows:

- Pigs (sows) may not be tethered. This applies from year 2006 for present housing units and from 1996 in respect of new housing units
- Stalls for sows are permitted
- A specific area is required for piglets and slaughter pigs (see figure 1). The rule will be in force from 1998 for all housing units and from 1994 for new housing units
- Piglets may not be weaned before the age of 3 weeks. This regulation has been in force from 1994
- Requirement for alarm units and emergency ventilation.

Housing of sows

In Denmark most of the pregnant sows are housed in stalls or tethered. Table 1 shows the estimated grouping:

Tab. 1: Housing Systems for dry Sows in Denmark

Dry Sows	Percentage of Animals	Trend
Tethered	30 - 35	Decreasing
Stalls	50 - 55	Slightly increasing
Group Housing	8 - 10	Increasing
Outdoor Production	1.5 - 2.0	Slightly increasing

The ban against the tethering of sows from year 2006, has no economical significance with regard to production. Even if there is no legislated requirement regarding loose pregnant sows, many pig producers choose this system when building new housing units, or when renovating old units. In 1996, 45-50 per cent choose this kind of housing, and in 1997 it is expected that loose pregnant sow systems, will be selected in respect of 60 per cent in connection with new buildings or when renovating.

The Danish Applied Pig Research Scheme (DAPR), The National Committee for Pig Breeding has since 1987 carried out research and test involving various housing units for loose gestant sows.

The conclusion is, that you can achieve the same productivity and economy in comparison with sows in stalls, but a high management level is required. If the pig producer is not qualified to work with loose sows, both welfare and economy will suffer.

In Denmark we have therefore chosen to extend research, testing and advising. A legislation which require that all gestant sows to be loose, could have unfortunate consequences.

The tests that have been carried out, have shown that the sows are very sensitive immediately after weaning, and the first weeks after service. Table 2 shows that it can cost up to 0,7 live born pigs per litter, if the sows are placed in loose housing immediately after weaning. The results depend on the loose housing system. There are ongoing projects to clarify the problems.

Table 2. Housing Strategy - Small Stable Groups

	Herd 1		Herd 2	
Strategy	after weaning	after pregn.test	after weaning	after pregn.test
No. of Litter	385	367	301	299
Total born per Litter	11,5[a]	12,2[b]	11,9[a]	12,4[b]
Farrowing percentage	79	79	88	91

Area requirements

As indicated in figure 1, the EU requirements do not differ significantly from what was recommended in Denmark earlier.

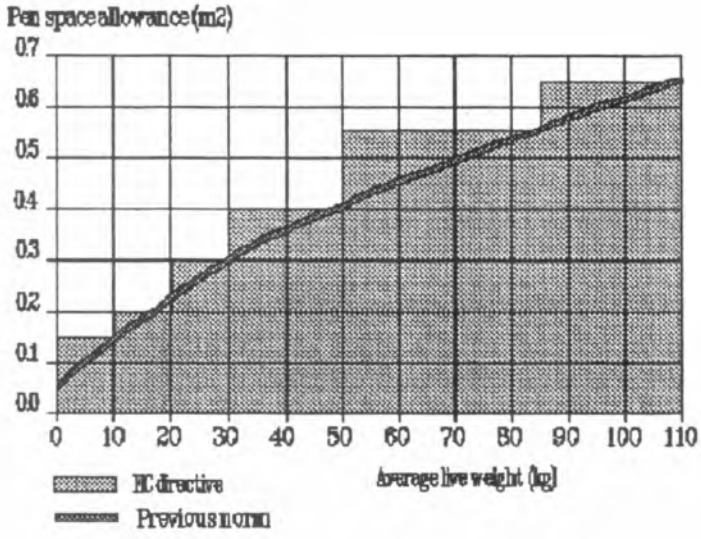


Fig. 1: EC Minimum Space Requirements for Pigs

DAPR completed in 1996, a major experiment with stocking rates in porker units. The net area with the most dense stocking rate, was on level with the EU standard. But as indicated in the table, the productivity was hardly effected by the stocking rate. But the inept pen utilization resulted in a significant reduction in the contribution margin. The economic consequences due to an increase in area can be directly assessed in table 3.

Tab. 3: Stocking rate - average 4 herds

Net area, m^2/pig	0,55	0,65	0,75
Number of pigs produced	4160	3509	3049
Gain g/day	808	823	826
FUs/kg gain	2,72	2,69	2,68
Dead and culled, pct.	1,5	1,4	2,3
Pig.prod./pen á 10 m^2/pa, pct.	74	64	55
GM á 10 m^2/pa, DKR	11.100	9.856	8.525
Reduced GM, pct.	0	÷ 11	÷ 23

Floor types in piglets and finishing pig housing

Fully slatted floors are widespread in Denmark. For piglets the two-climate housing with 2/3 solid floor is an alternative. Contrary however, partly slatted floors in finishing housing, lessen the hygiene - especially during warm periods- and a increased area per pig is required.

To improve the behaviour in fully slatted floor housing, a more moderately floor type has been developed, and straw racks and sprinkler equipment can be put in the pen.

The debate on fully slatted floors is valid. But for the time being there is no alternative to fully slatted floors.

Weaning age

The EU-directives states that piglets should be at least 3 weeks old before weaning. The standard in Denmark is from 3 to 4 weeks. But in USA, where multisite-systems are increasing, weaning is often carried out at 12-16 days of age, on reasons of better immunity in piglets.

The ideas from multisite-systems are being implemented in Denmark, but maybe the higher weaning age will be a hindrance. Denmark is therefore interested in a low weaning age.

Conclusion

The purpose of animal protection laws is to secure animal welfare in production related issues. For a pig exporting country the following points are important:

- The animal protection laws should ensure, that animal behaviour matters are acknowledged, and that it not only incurs extra cost.
- The animal protection laws should not be more strict than in that of competitor countries.
- Follow up and control with the legislations should be the similar in all countries.

The EU Directive concerning Animal Protection should be evaluated and possible revised in 1997/98. Denmark will work for, that changes in regulations do not distort competition.

Developments especially in later years have shown, that the welfare of pigs is best assured by a continuos development of new housing systems, concurrently with efforts to improve the existing housing. It is essential that the producers independently can select the type of housing unit they prefer to work in.

Internet-Projekt Fachinformationsnetz landwirtschaftliches Bauen „FINLAB“ Bereich „Bauökonomik“

PREIß, FRANK; HEIKO GEORG UND JÜRGEN GARTUNG

Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Zusammenfassung

Das Internet bietet verschiedene Möglichkeiten Fachinformationen zu vermitteln. Durch den neuen expansiven Internet-Dienst World Wide Web sind neue Techniken entwickelt worden, die die Kommunikation und Handhabung von multimedialen Daten stark vereinfacht haben.

Mit dem Fachinformationsnetz landwirtschaftliches Bauen (FINLAB) soll demonstriert werden, wie diese Möglichkeiten für die landwirtschaftliche Bauberatung, Baupraxis und Wissenschaft effektiv genutzt werden können. Das FINLAB versteht sich als ergänzendes Fachinformationsangebot innerhalb des deutschen Agrarinformationsnetzes (DAINet) und ist konzeptionell darauf abgestimmt, so daß der Anwender die Sicherheit hat, daß er zu allen wichtigen Informationen geführt wird, ohne selbst aufwendig in Datenbanken recherchieren zu müssen.

Einige inhaltliche Schwerpunkte des FINLAB sind die Bereiche der Bauplanung, Baukonstruktion, Bauökonomik und Baurecht. Speziell für diese Problembereiche können im Rahmen des Web heterogene Informationsquellen erschlossen und verbunden werden.

Am Beispiel der Bauökonomik werden die Verbindung der Informationsquellen im FINLAB erläutert, ausgehend von der Methodik über die Vorgehensweise der Baukostenermittlung bis hin zur Ergebnisdarstellung.

1 Einleitung in die Informationsnetze und Informationssysteme

In seinem Grußwort zur ACS'96 erläutert ERLER (1996), daß die elektronische, computergestützte Kommunikation sicher auch für Architekten zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Die digitalen Netze ermöglichen - und erzwingen vielleicht sogar - neue Formen der Kooperation mit Kolleginnen und Kollegen national und international, mit benachbarten Ingenieurdisziplinen, mit Datenbanken und speziellen Online-Diensten. Künftig wird es öfter nötig sein, neben der gewohnten Alltagsarbeit blitzschnell Informationen zum Beispiel über Produkte, Verwaltungsstrukturen, Normen und Richtlinien, juristische Spezifika zu gewinnen. Nur so können die anstehenden Arbeiten effizient erledigt werden, nicht zuletzt unter den Aspekten der Termin- und Kostenoptimierung, der Logistik und Qualitätssicherung.

Das Internet ist dabei, auch für den Berater, den Architekten und den Landwirt ein Handwerkzeug zu werden.

Auf dieser virtuellen Plattform können nationale und internationale Planungsleistungen, Adressen, Produktinformationen, Immobilienpreise und Angebote, Baukostendaten,

Ausschreibungsunterlagen, Normen und Verordnungen, Ausschreibungen, Produktangebote ausgetauscht und ermittelt werden.

Laut ARCHINET (siehe Tabelle 2) sagen Prognosen für das Jahr 2000 eine Verbreitungsquote von 97% für Firmen aus. Auch Anbieter in den Bereichen der Landwirtschaft sowie des Bauwesens wird dies betreffen. Man kann sich vorstellen, wieweit sich damit auch das Verhalten gegenüber den Firmen verändern wird:

Online-Informationsrecherchen statt Prospektanforderung per Postkarte, Online statt häufiger Wählversuche an belegten Telefonleitungen oder -apparaten, keine Warteschleifen, kein "ist gerade außer Haus, zu Tisch oder in einer Besprechung".

1.1 Das Internet

Den Grundstein des Internet legten 1969 Wissenschaftler der Advanced Research Project Agency des US-Verteidigungsministeriums mit dem ARPANET.

Die Datenübertragung in den Netzen wird mit Hilfe von Protokollen geregelt. Durch die Einigung auf das Protokoll TCP/IP können die Netze miteinander kommunizieren und werden so zum Internet. Das Internet bezeichnet also zahlreiche nationale, regionale und lokale Computernetze, in denen auf der Grundlage des Protokolls TCP/IP kommuniziert wird.

Durch den Anschluß der Universitäten und Forschungseinrichtungen entwickelte sich das Internet weiter. Inzwischen hat auch der kommerzielle Bereich das Internet entdeckt. Heute (Stand Herbst 1996) bilden mehr als 62.000 eigenständige Netze mit ca. 12 Mio. Computern zu denen ca. 40 bis 100 Mio. Anwender Zugriff haben, das Internet.

Das Internet bietet verschiedene Dienste an, von denen einige in der Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tab. 1: Übersicht über einige Internet-Dienste (nach MAIER, 1994)

Internet-Dienst	Funktion
e-mail (electronic mail)	Elektronische Post
Telnet	Terminalemulation
FTP (file transfer protocol)	Dateitransfer
News	Diskussionsforen
WAIS (Wide Area Information Servers)	Netzwerkservice mit Recherchewerkzeug
WWW (World Wide Web)	Verknüpfung und Abfrage dezentraler Informationen

1.2 Das World Wide Web, der multimediale Dienst im Internet

Das World Wide Web, auch WWW, W3 oder kurz nur Web genannt, ist zur Zeit der attraktivste und komfortabelste Netzdienst im Internet. Es wurde am CERN, dem Europäischen Labor für Teilchenphysik, entwickelt. Wichtigstes Kennzeichen des Web ist das einfache Navigieren mit Hilfe von Hypertext-Verbindungen zu anderen Dokumenten und Netzdiensten. Es ermöglicht mittels Hypertextfähigkeit die Verbindung von Text, Bild, Grafik, Video, Audio und anderen Datenformen auf verschiedenen Rechnern.

Hypertext ist eine Präsentationsform für Informationen. Der Autor von WWW-Seiten kann durch Hervorheben einzelner Worte, Sätze oder Grafiken, den sogenannten Links, mit Adressen weiterführende Dokumente oder Netzdienste verknüpfen. Die Hypertextfähigkeit hat also zur Folge, daß über die physikalische Netzstruktur des Internet hinweg verbundene Informationensstrukturen durch das „Verweben" von Daten entstehen. Der Anwender kann sich durch die Hypertextverknüpfungen spezielle Informationsbestände erschließen, die thematisch zusammengehören, aber auf unterschiedlichen Rechnern verteilt sind (PREIß und GEORG, 1996).

1.3 Informationen im World Wide Web

GEORG (et al, 1996) berichtet, daß in Deutschland die Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI) die Aufgabe übernommen hat, speziell für den Agrarbereich auf der Basis des Web ein Informationsnetz aufzubauen. Dieses Deutsche Agrarinformationsnetz (DAINet) ermöglicht die Verbindung eines zentral geführten Informationsverzeichnisses, wie zum Beispiel dem Agrardatenkatalog, mit dezentral geführten Datenbeständen. Der Vorteil dieser Konzeption besteht darin, daß die jeweiligen Fachinformationsangebote des DAINet durch die Fachleute vor Ort kontrolliert und gepflegt werden. Für Nutzer des DAINet spielt es keine Rolle, auf welchem Rechner die Informationen gespeichert sind, wichtig sind leicht bedienbare Suchfunktionen über den gesamten verknüpften Datenbestand (POHLMANN, 1995). Das FINLAB stellt ein spezifisches Fachinformationsangebot dar, das zusammen mit anderen Anbietern in das DAINet integriert ist (siehe Abbildung 1).

Darüber hinaus entsteht in den verschiedenen Bereichen der Landwirtschaft und des Bauwesens eine Vielzahl an Informationsangeboten. Eine Auswahl von Web-Angeboten ist in Tabelle 2 zu finden. Für die Richtigkeit oder das Vorhandensein der aufgeführten Angebote kann durch den ständigen Fortschritt im Internet keine verbindliche Angabe gemacht werden.

Hier ist ein Nachteil dieser Form der Informationsverbreitung zu erkennen:

Ist das elektronische Dokument authentisch? Welchen Wert hat sein Inhalt? Wie ist es urheberrechtlich geschützt? Ist es morgen noch da? Ist es in den nächsten Jahren noch da? Ist es verändert worden?

Diese Probleme sind nicht nur technischer Natur, sie sind mit allen ihren Auswirkungen auf unsere gesellschaftliche Struktur zu behandeln und zu klären. (LANGE, 1995)



Abb. 1: Zusammenhang zwischen Informationsangeboten im Internet, DAINet und FINLAB (GEORG et al, 1996).

Tab. 2: Auswahl von Web-Angeboten aus den Bereichen Landwirtschaft und Bauwesen

World Wide Web Adresse (URL)	Angebotsquelle und -inhalt
http://www.dainet.de/	DAINet - Deutsches Agrarinformationsnetz
http://www.fal.de/	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
http://bauwesen.fal.de/finlab/	FINLAB - Fachinformationsnetz landwirtschaftliches Bauen
http://www.statistik-bund.de/	Statistisches Bundesamt
http://www.dainet.de/ktbl/	Kuratorium für Technik und Bauen in der Landwirtschaft
http//www.archinet.de/	Deutsches Architektur Online-Magazin
http://www.baunetz.de/	Online-Dienst für die Baubranche
http://www.baunet.de/	Informationssystem im Internet für das deutsche Baugewerbe
http://www.baukosten.de/	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH

2 Konzept und aktueller Stand des FINLAB

Im Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL wurde das Informationsnetz landwirtschaftliches Bauen (FINLAB) auf einem eigenen Informationsserver als Online-Angebot für den Internet-Dienst World Wide Web realisiert. Analog zum DAINet wird nur ein geringer Teil der Daten zentral verwaltet, während der größte Teil dezentral vorliegt. Dies bedeutet, daß das FINLAB ein Gerüst und Strukturen für die Verknüpfung von Datenquellen anbietet, in der verschiedene Informationsanbieter sowie ihre Daten entsprechenden Themenbereichen zugeordnet werden. Durch die dezentrale Lage der Daten verbleibt die Verantwortlichkeit beim Informationsanbieter, der für die Wartung und Pflege zuständig bleibt. Änderungen bzw. Aktualisierung der Daten sind somit sofort allen Anwendern des FINLAB zugänglich.

Weiterhin bietet das FINLAB durch e-mail, elektronische Fragebögen, Newsgruppen und Mailing-Listen die Möglichkeit zum direkten Dialog zwischen Anwender und Fachleuten. Außerdem können größere Datenmengen, wie zum Beispiel Baukostendaten, als Dokumente oder Dateien mit Hilfe von FTP direkt auf den Anwender-PC übertragen werden.

Die dazu notwendigen Programme (Browser) sind multimediafähig, so daß keine Einschränkungen in den Daten- bzw. Medienformaten gegeben sind. Dies ist besonders wichtig, wenn Informationen aus vielen verschiedenen Quellen miteinander verbunden werden sollen.

Die aktuelle Version des FINLAB wurde auf die neuesten Browser von Netscape und Microsoft abgestimmt. Diese Browser erlauben eine Mehrfenstertechnik, bei der in dem linken Fensterbereich die Gliederung bzw. das Inhaltsverzeichnis und rechts die Detailinformation angezeigt werden. Textbereiche bzw. Bilder können als Hypertextfunktionen für den direkten Informationszugriff dienen.

Neben der eigenen Nutzung des FINLAB als internes Informationsnetz oder Intranet innerhalb des Instituts für landwirtschaftliche Bauforschung (ILB) der FAL kommen als potentielle Anwender Berater, Planer, Architekten, Behörden und interessierte Landwirte in Frage. Im Vordergrund der Entwicklungsarbeiten am FINLAB stehen aber zunächst die Untersuchungen technischer Fragen im Zusammenhang mit der Informationserschließung und -darstellung sowie der Kommunikation.

Die aktuelle thematische Gliederung des FINLAB sieht zur Zeit folgende Teilbereiche vor:

- Bauplanung
- Baukonstruktion
- Bauökonomik
- Baustoffe
- Baurecht
- weitere Informationsanbieter und Informationsnetze
- Institutionen und Organisationen
- Firmen
- Literatur

Hinter den einzelnen Teilangeboten stehen Detailinformationen wie zum Beispiel Baukostendaten zu unterschiedlichen Stallgebäuden, thematisch relevante Veröffentlichungen, weiterführende Literatur, Grafiken, Adressen, Organisationen und Verbände bzw. Hinweise auf weitere interessante Web-Angebote (nach GEORG et al, 1996).

3 Bereich „Bauökonomik“

Im Rahmen der Forschungsarbeiten des Instituts für landwirtschaftliche Bauforschung (ILB) der FAL wird für den Bereich der Bauökonomik untersucht, in welcher Form und welchem Umfang sich Informationen zur Bereitstellung im FINLAB eignen. Hierzu ist folgende Gliederung vorgesehen:

A. Grundlagen zur Ermittlung von Gebäudekosten
- Baukostendaten für landwirtschaftliche Bauten
- Zeichnungen, Baubeschreibung und Planungskennzahlen
- Arten von Baukostenermittlungen

B. Methoden und Gliederungssysteme zur Baukostenermittlung
- ILB-Baukostenverbundsystem
- Kostenblockmethode
- Gebäude-Elementmethode
- Bauliche Jahreskosten, Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Kosten-Nutzen-Analyse
- Gebäudebewertung

C. Einsatz von Informationstechnik für die Baukostenermittlung
- Eingesetzte Bausoftware
- Kalkulationsblatt „BAUKODA für Windows“ (GARTUNG und PREIß, 1996)

D. Baukostendaten für die Hauptproduktionsrichtungen
- der Rinderhaltung
- der Schweinehaltung

E. Literaturverzeichnis

Diese Darstellung entspricht inhaltlich den Sonderheften der Landbauforschung Völkenrode Nr. 173 und Nr. 174 - Investitionsbedarf für Milchviehställe, Mastbullenställe, Kälber- und Jungviehställe, Mast- und Zuchtschweineställe (GARTUNG et al. 1997).

Baukostendaten sind auszugsweise unter dem Gliederungspunkt D wiedergegeben. Ein detailliertes Baukosteninformationsangebot dieser Art könnte später das Kuratorium für Technik und Bauen in der Landwirtschaft (KTBL) im Web anbieten und pflegen, wie es in Form des KTBL-Taschenbuches und der Baukosteninformationsblätter bereits vorliegt sofern die Testphase zu positiven Ergebnissen führt. Erste Schritte sind im KTBL mit einem eigenen Web-Angebot vollzogen (KÜHNER und JÄGER, 1995). Eine Verknüpfung zwischen den Daten des ILB und des KTBL wäre somit möglich.

Die Einbeziehung weiterer Datenquellen und -anbieter ist für die verschiedenen Planungsstufen und somit der unterschiedlichen Detaillierungsstufen der Baukostendaten vorgesehen.

Dies wären zum Beispiel:

- Kenndaten des Statistischen Bundesamtes, Preisindices und Konjunkturdaten für die Bauwirtschaft.
- Verlage und Online-Magazine für Architektur und Landwirtschaft.
- Baukostendaten für Hochbauten des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern.
- SiRaDOS, Bauleistungsbeschreibungen für Hochbauten mit Richtpreisen.
- Richtpreise für landwirtschaftliche Gebäude der ALB-Hessen.
- Produktinformationen einzelner Firmen der Bauwirtschaft - zum Beispiel Braas - und der Landwirtschaft -zum Beispiel Mannebeck -.

- Methoden und Verfahren sowie Normen und Richtlinien zur Ermittlung von Kennzahlen und Baukosten.
- Bausoftware (CAD, AVA, Kalkulationsblätter usw.) und Datenbanken für die Bauwirtschaft.

Einige der genannten Datenquellen bzw. -anbieter sind bereits im Web vertreten. Je nach Aufbereitung der Daten kann die Verknüpfung im FINLAB direkt oder in Abstimmung mit den Anbietern vorgenommen werden. Ziel dabei ist es, den Anwender schnell an die benötigte Information zu führen.

4 Fazit

Alle genannten und geplanten Angebote des FINLAB erfordern neben der Zeit für ihre Erstellung auch die Bereitschaft der jeweiligen Projektpartner zu einer konstruktiven Zusammenarbeit. Ein Fachinformationsnetz wie das FINLAB kann seinen Anwendern nur dann umfassende Informationen vermitteln, wenn die Projektpartner und interessierte Nutzer ihre Erfahrungen und Wissen zur Verfügung stellen.

Mit Hilfe eines Fachinformationsangebots für das landwirtschaftliche Bauen lassen sich mit Sicherheit nicht alle Fragen lösen. Es können aber im Laufe der Zeit mit Hilfe des dialogfähigen Informationsmediums World Wide Web Erfahrungen gesammelt und ausgewertet werden, um entsprechende Stellen ausfindig zu machen. Das FINLAB kann dazu einen kleinen Beitrag als Entscheidungshilfe für Wissenschaft, Beratung und Praxis leisten.

5 Literatur

ERLER, P. (1996): Grußwort des Präsidenten der Bundesarchitektenkammer für die ACS'96, Frankfurt

GARTUNG, J., UMINSKI, K. UND PREIß, F. (1997): Investitionsbedarf für Milchviehställe, Mastbullenställe sowie Kälber- und Jungviehställe, Sonderheft 173 der Landbauforschung Völkenrode, Braunschweig

GARTUNG, J., UMINSKI, K. UND PREIß, F. (1997): Investitionsbedarf für Mast- und Zuchtschweineställe, Sonderheft 174 der Landbauforschung Völkenrode, Braunschweig

GARTUNG, J. UND PREIß, F. (1996): Baukostenermittlung mit BAUKODA, In: Informationstechniken für das landwirtschaftliche Bauen, KTBL-Fachgespräch September 1996, Braunschweig

GEORG, H., PREIß, F. UND BOCKISCH, F.-J. (1996): FINLAB - Internet-Projekt Fachinformationsnetz landwirtschaftliches Bauen, Landtechnik 5/96, S. 280-281

KÜHNER, H. UND JÄGER, P. (1995): Informationsangebote des KTBL im Deutschen Agrarinformationsnetz, In: Das Deutsche Agrarinformationsnetz (DAINet), Symposium Juni 1995, Bonn, Informationsmanagement in den Agrarwissenschaften, Band 5

LANGE, G. (1995): Stand und Perspektiven elektronischer Informationssysteme, In: Das Deutsche Agrarinformationsnetz (DAINet), Symposium Juni 1995, Bonn, Informationsmanagement in den Agrarwissenschaften, Band 5

MAIER, G. (1994): In 8 Sekunden um die Welt: Kommunikation über das Internet, Addisson-Wesley

POHLMANN, J. M. (1995): Konzept, Umsetzung und Ausbau des Deutschen Agrarinformationsnetzes, In: Das Deutsche Agrarinformationsnetz (DAINet), Symposium Juni 1995, Bonn, Informationsmanagement in den Agrarwissenschaften, Band 5

PREIß, F. UND GEORG, H. (1996): Grundlagen zum Internet, In: Informationstechniken für das landwirtschaftliche Bauen, KTBL-Fachgespräch September 1996, Braunschweig

Individualisierung der Tierbetreuung in Fischgrätenmelkständen zur Steigerung der Arbeitsleistung und zur Verbesserung der Arbeitsqualität

BARTH, KERSTIN; HARTMUT GRIMM; THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

1 Einleitung

Auf den ersten Blick erscheint der Titel dieses Beitrages widersprüchlich, da hohe Arbeitsleistungen auf einer routinierten Arbeitserledigung beruhen. Dies gilt natürlich auch für das Melken. Dabei kommt zum Faktor Mensch auch noch der Faktor Tier mit seinen individuellen Eigenschaften hinzu. Während in Einzelmelkständen, wie dem Tandemmelkstand, das Tier stärker berücksichtigt wird, ist in Gruppenmelkständen, wie dem Fischgrätenmelkstand, die Arbeitserledigung eher auf den Melker ausgerichtet. Besonders deutlich wird das bei den Arbeitsteilvorgängen "Eutervorbereitung" und "Melkzeug ansetzen". Wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist, beginnt der Melker an einem Melkplatz mit der Vorbereitung des Euters und dem Ansetzen des Melkzeuges und arbeitet dann die einzelnen Melkplätze nacheinander ab. Die Folge der bearbeiteten Melkplätze in der Nachbereitungsphase (Nachmelken, Dippen) richtet sich jedoch nach der Reihenfolge des Melkendes der einzelnen Kühe.

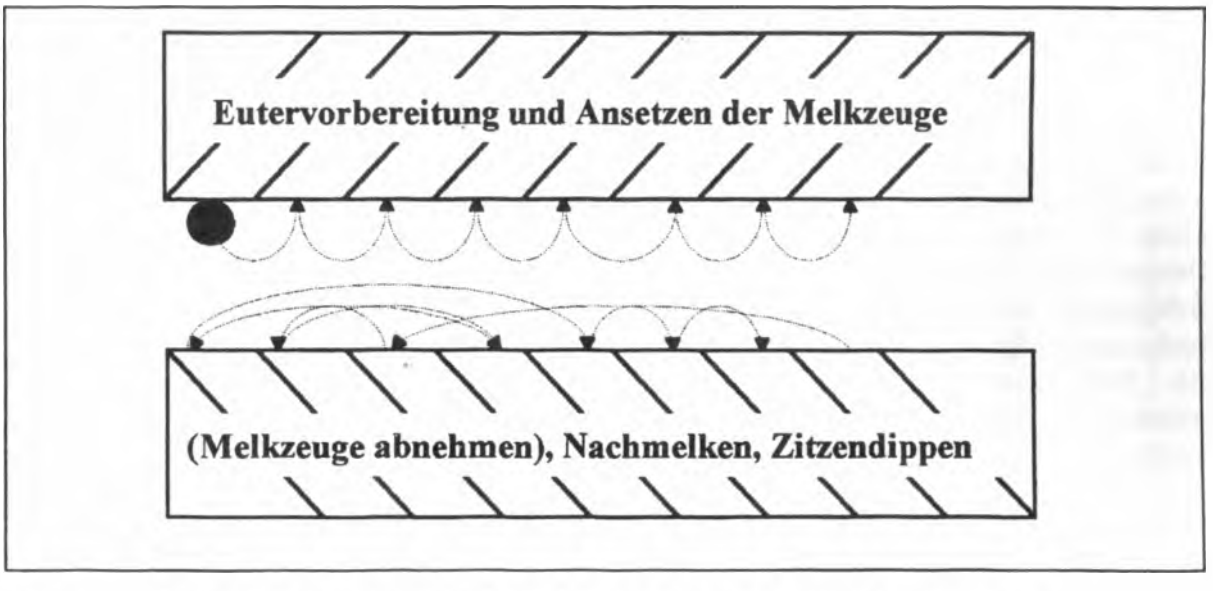


Abb. 1: Beispielhafte Darstellung der Reihenfolge bearbeiteter Melkplätze in der Vor- und Nachbereitungsphase in einem Fischgrätenmelkstand

Der Arbeitsanfall in der Nachbereitungsphase ist demzufolge zufällig. Zusätzlich können Tiere, deren Melkdauer wesentlich länger ist als der Durchschnitt der Melkstandfüllung, zu Wartezeiten für den Melker und die schon nachbereiteten Kühe führen. Dieser Effekt wird

noch verstärkt, wenn sich das Tier mit der längsten Melkdauer auch noch auf dem zuletzt in der Vorphase bearbeiteten Melkplatz befand. Neben dem Verlust an genutzter Arbeitszeit führt der Zustand auch zu einem gewissen psychologischen Druck auf den Melker. Er versucht, die Melkdauer der letzten Kuh durch Manipulationen am Melkzeug zu verkürzen, da der rhythmische Arbeitsablauf in einem Fischgrätenmelkstand durch die Wartezeit empfindlich gestört wird. In großen Milchkuhbeständen wird nur ein Teil dieser langsammelkenden Tiere vom Melker erkannt und der Arbeitsablauf nicht unbedingt darauf ausgerichtet.

Ziel der im folgenden dargestellten Studie ist es zu untersuchen, ob eine Veränderung der Reihenfolge der bearbeiteten Melkplätze in der Vorbereitungsphase eine Verringerung der Wartezeiten und damit verbunden eine Steigerung der Arbeitsleistung bewirkt.

2 Material und Methode

2.1 Material

Bisher wurden Versuche in drei Landwirtschaftsbetrieben mit jeweils 400 laktierenden Kühen, die in Fischgrätenmelkständen annähernd gleicher Ausstattung gemolken werden, durchgeführt. Die Betriebe sind in Tabelle 1 kurz charakterisiert.

Die beobachteten Melker waren weiblich. Alle Melkerinnen besaßen einen Facharbeiterabschluß und langjährige Erfahrungen im Melken. Bis auf Melkerin 2 (Betrieb 1) waren alle Arbeitskräfte ständig als Melker im Einsatz. Melkerin 2 im Betrieb 2 war erst seit drei Wochen in dem untersuchten Melkstand tätig.

In Betrieb 1 wurden überwiegend Tiere der Rasse SMR und Kreuzungstiere SMR x HF gemolken. Dies galt auch für die Betriebe 2 und 3, wobei in Betrieb 2 Ungarische Friesian und in Betrieb 3 Kreuzungstiere SMR x Fleckvieh den Bestand ergänzten.

2.2 Methode

Da der Eutergesundheitsstatus einer Milchviehherde zum Teil auch die Qualität der Melkarbeit widerspiegelt, wurde zu Versuchsbeginn in Betrieb 1 und 2 die elektrische Leitfähigkeit der Milch bestimmt. Dies geschah anhand einer repräsentativen Stichprobe von Kühen. Die Datenerhebung erfolgte vor der Ejektion mit Handgeräten. Dabei bot sich gleichzeitig die Gelegenheit, die individuelle Organisation der Arbeitsabläufe durch die Melkerinnen zu beobachteten. Im Betrieb 3 war die Leitfähigkeitsmessung nicht möglich und es konnten nur die Zellzahlwerte der Gesamtgemelke aus der monatlichen Milchleistungsprüfung berücksichtigt werden. Eine Melkzeit zur Beobachtung der Melkerinnen stand auch hier zur Verfügung.

Tab. 1: Kurzcharakteristik der untersuchten Betriebe (Schwerpunkt: Milchgewinnung)

		Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3
Aufstallung	Aufstallungsverfahren	Liegeboxenlaufstall	Freßliegeboxenlaufstall	Liegeboxenlaufstall/Sperrbox
	Liegeboxenbelag (Hochbox)	Einstreu	Einstreu	Gummimatte
	Laufflächen	planbefestigt	planbefestigt	Spaltenboden/Kotrost
Fütterung	Futterverteilung	Mischwagen/Abruffütterung Teilzeitweide	Mischwagen	obenliegendes Futterband mit Abstreifer
Milchgewinnung	Melkstand	Fischgrätenmelkstand	Fischgrätenmelkstand	Fischgrätenmelkstand
	Melkplätze	2 x 2 x 8	2 x 2 x 7	2 x 11
	Melker je Melkstand	1	1	2
	Automatisierung des Melkvorganges	Stimulation, Nachmelken, Melkzeugabnahme	Stimulation, Nachmelken, Melkzeugabnahme	Stimulation, Nachmelken, Melkzeugabnahme
	Melkzeugzwischendesinfektion	ohne	halbautomatisch	ohne
	Euterreinigung	desinfizierende Einwegtücher	feuchtes Eutertuch /einmal	nasses Eutertuch /mehrmals
	Türsteuerung	manuell	halbautomatisch	halbautomatisch, Frontaustrieb
	Kraftfutterzuteilung	ohne	ohne	automatisch
	Schwermelkergruppe	nein	nein	ja
Entmistung	Verfahren	Faltschieber	Frontlader	Fließkanal

Die eigentliche Untersuchung teilte sich in zwei Abschnitte. Zu Beginn wurde in zwei Melkzeiten je Melkstand eine Analyse des Ist-Zustandes durchgeführt. Dabei wurde der Arbeitszeitaufwand für die einzelnen Arbeitsteilvorgänge bzw. Arbeitselemente, die den Arbeitsvorgang "Melken" bestimmen, erfaßt. Da für die Problemstellung der Zeitaufwand für das Treiben der Tiere zum und vom Melkstand sowie die Rüstzeiten des Melkstandes nicht von Interesse sind, wurden sie nicht erfaßt.

Um die erhobenen Daten vergleichbar zu gestalten, wurden die Messungen immer in der Nachmittagsmelkzeit durchgeführt. Die Arbeitszeiterfassungen erfolgten mit Geräten "PASS" (steht für: Parlor Analysis System) der Firma Alfa Laval Agri. Dabei wird zu Beginn der beobachteten Tätigkeit der Zeitpunkt im Speicher des Gerätes abgelegt. Nach Beendigung der Messung wurden die Daten in einen PC übernommen und über ein Programm ausgewertet.

Für die beobachteten Melkzeiten wurde die Melkdauer jeder Kuh aus dem Melkstandrechner übernommen und der Mittelwert aus mindestens zwei Melkzeiten gebildet. Da die Kühe einer Leistungsgruppe, wie sie in Betrieben dieser Größenordnung zu finden sind, den Melkstand in einer mehr oder weniger zufälligen Reihenfolge betreten, kann keine einfache Rangfolge innerhalb der Leistungsgruppe gebildet werden, in der die Melker die Vorbereitungsarbeiten im Melkstand durchführen sollen. Es wurde deshalb der Medianwert der Melkdauer für jede Leistungsgruppe berechnet. Zu diesem Wert wurde die Zeitspanne addiert, die die Melkerin benötigt, um eine Melkstandseite vollständig vorzubereiten und die Melkzeuge anzusetzen. Tiere, die diesen Wert mit ihrer Melkdauer überschritten, galten als langsammelkend und wurden in einer weiteren Melkzeit mit farbigen Fesselbändern gekennzeichnet.

Mindestens eine der folgenden Melkzeiten galt als Eingewöhnungsphase für den Melker, in der er seinen Arbeitsablauf so umstellte, daß gekennzeichnete Tiere unabhängig vom Standort im Melkstand in der Vorbereitungsphase als erste bearbeitet wurden.

In zwei weiteren Melkzeiten erfolgte dann wieder die Erhebung des Arbeitszeitaufwandes für die einzelnen Arbeitsteilvorgänge.

In der Auswertung wurden die ermittelten Zeiten der Arbeitsteilvorgänge und Arbeitselemente vor und nach Änderung der Arbeitsroutine gegenübergestellt. Da der Stichprobenumfang mit sechs Melkern noch relativ klein war, wurden die Ergebnisse mittels Wilcoxon-Test miteinander verglichen.

3 Ergebnisse

3.1 Eutergesundheitszustand der Herden

Die Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Zellzahluntersuchungen der Milchleistungsprüfung, die entweder unmittelbar vor oder nach der Untersuchung stattgefunden hatte.

Da diese Angaben aufgrund der Vermischung der Viertelgemelke zum untersuchten Gesamtgemelk nur bedingt aussagekräftig sind, wurde in den Betrieben 1 und 2 die viertelspezifische Leitfähigkeitsmessung mit herangezogen. Die Stichprobe umfaßte im ersten Betrieb 323 Kühe (ca. 88 % aller laktierenden Kühe) und im zweiten Betrieb 309 Kühe (ca. 74 %). Es wurde die Anzahl der Euterviertel ermittelt, die sowohl den absoluten Grenzwert in Höhe von 6,5 mS/cm als auch den Grenzwert für die Vierteldifferenz von 0,5 mS/cm bei einer Standardtemperatur von 25 °C überschritten. Dies traf bei Betrieb 1 auf 13,7 % und bei Betrieb 2 auf 16,3 % aller untersuchten Euterviertel zu. Mittels F-Test wurden die Unterschiede zwischen den beiden Herden auch statistisch hoch ($P < 0,001$) gesichert. Da im

Betrieb 2 ein Fütterungsfehler und gleichzeitig überhöhtes Melkvakuum zu einer starken Zunahme der Eutererkrankungen ungefähr einen Monat vor den Untersuchungen geführt hatten, ist davon auszugehen, daß die Abweichungen zu Betrieb 1 nicht auf einer mangelhaften Melkarbeit beruhen.

Tab. 2: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der laktierenden Kühe auf Zellzahlklassen (ermittelt aus den Angaben der Milchleistungsprüfung)

Zellzahlklassen [1.000 Zellen je ml]		Betrieb 1 (n = 367 Kühe)	Betrieb 2 (n = 416 Kühe)	Betrieb 3 (n = 416 Kühe)
> 0 ... ≤ 125	[%]	68,4	68,8	71,2
> 125 ... ≤ 400	[%]	20,7	19,0	18,8
> 400	[%]	10,9	12,2	9,1
Tankmilch [1.000 Zellen je ml]		≈ 200	≈ 250	≈ 150

3.2 Arbeitszeitaufwand im Arbeitsvorgang "Melken"

In der Tabelle 3 sind der ermittelte Arbeitszeitaufwand je Kuh und die sich daraus ergebende Arbeitsleistung je Melker in den Versuchsphasen 1 und 2 dargestellt. Die Verteilung des Gesamtarbeitszeitaufwandes auf die einzelnen Arbeitsteilvorgänge bzw. Arbeitselemente vor und nach Änderung der Routine sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tab. 3: Vergleich zwischen dem Arbeitszeitaufwand und der Arbeitsleistung vor (V 1) und nach (V 2) Änderung des Arbeitsablaufes

		Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3	
		Melker 1	Melker 2	Melker 1	Melker 2	Melker 1	Melker 2
V 1	APmin/ Kuh	1,0	0,9	1,2	1,3	1,4	1,5
	Kühe/Stunde	60	67	50	46	43	40
V 2	APmin/ Kuh	0,9	1,0	1,2	1,2	1,3	1,4
	Kühe/Stunde	67	60	50	50	46	43
Differenz (Kühe/Stunde)		+ 7	- 7	± 0	+ 4	+ 3	+ 3

Tab. 4: Für die Arbeitsteilvorgänge bzw. -elemente im Arbeitsvorgang "Melken" ermittelter Zeitaufwand vor (V1) und nach (V2) Änderung der Routine

	Arbeitszeitaufwand [Sekunden/gemolkene Kuh]											
	Betrieb 1 (2 x 2 x 8)				Betrieb 2 (2 x 2 x 7)				Betrieb 3 (2 x 11)			
	Melker 1		Melker 2		Melker 1		Melker 2		Melker 1		Melker 2	
Arbeitsteilvorgang/Arbeitselement	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Eutervorbereitung	12,4	11,1	13,2	15,5	12,6	12,4	14,1	12,3	15,1	15,3	12,3	12,9
Melkzeug ansetzen	8,5	8,5	7,5	7,9	8,4	8,6	12,5	12,2	8,0	7,7	10,3	10,0
Melkzeug abnehmen	1,2	1,0	1,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,4	1,8	1,8
Maschinennachmelken	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	4,4	2,3	2,9	19,5	14,5	18,1	15,3
Handnachmelken	1,7	1,9	0,8	1,0	8,6	9,3	8,2	9,1	4,6	5,7	6,5	7,6
Zitzen dippen	2,0	3,1	1,8	2,9	3,5	3,5	2,5	3,0	4,1	4,1	5,6	5,4
Melkzeugzwischendesinfektion	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,6	5,7	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Melkzeug wieder ansetzen	0,5	0,9	0,9	0,9	1,5	0,7	3,5	1,6	2,8	1,4	3,7	2,4
Melkzeugsitz korrigieren	0,8	1,4	1,2	1,2	0,4	0,3	0,2	0,2	1,7	1,5	1,2	1,2
Eutertücher austeilen, Dippmittel erneuern	3,0	3,7	0,8	1,1	7,4	8,0	8,0	8,3	3,6	3,1	5,7	4,3
Melkstandseite reinigen	1,8	1,5	5,1	4,3	9,2	8,1	6,4	5,0	2,1	2,8	2,2	2,3
Hände waschen	0,1	0,2	0,2	0,8	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Euterbehandlung	0,4	0,1	0,4	0,2	0,3	0,3	1,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
Eintreiben	5,8	4,0	3,9	3,4	1,0	1,0	2,5	2,5	1,8	2,8	5,3	5,7
Austreiben	1,4	1,5	1,4	1,0	0,8	0,8	1,1	0,9	0,8	1,0	1,6	1,3
Wege	10,1	11,1	10,1	12,9	8,5	6,7	5,9	5,8	13,4	10,3	8,6	8,5
Melkstand verlassen	2,6	0,9	0,3	1,9	1,6	1,4	0,1	1,3	2,1	1,8	1,5	1,3
Störung	0,3	0,3	0,6	0,5	0,1	1,1	0,2	0,8	0,0	1,1	0,5	0,8
Warten	6,0	2,6	4,6	2,7	0,7	0,3	1,0	0,3	3,5	5,7	3,0	4,1
Summe	**58,6**	**53,8**	**53,8**	**59,5**	**70,7**	**69,6**	**75,3**	**71,6**	**86,4**	**81,2**	**88,0**	**84,9**

Mittels Wilcoxon-Test konnte nachgewiesen werden, daß die Unterschiede zwischen den Werten vor und nach Änderung der Routine bei den Arbeitsteilvorgängen "Handnachmelken" und "Melkzeug wieder ansetzen" nicht zufällig sind ($P \leq 0,05$). Für alle anderen Arbeitsgänge und den Gesamtarbeitszeitaufwand je gemolkener Kuh konnten keine statistisch gesicherten Unterschiede gefunden werden.

4 Diskussion

Mit einem Arbeitszeitaufwand von 0,9 bis 1,5 APmin je gemolkener Kuh entsprechen die Ergebnisse den Untersuchungen anderer Autoren in Melkständen ähnlicher Größe und Ausstattung (ORDOLFF, 1994; SCHLEITZER, 1992; ZIPPER, 1988).

Da die Veränderungen des Arbeitsablaufes nicht die eigentlichen Arbeitsteilvorgänge, sondern nur die Reihenfolge der bearbeiteten Melkplätze in der Phase des Eutervorbereitens und Melkzeugansetzens betraf, war nicht zu erwarten, daß die Teilzeiten für Arbeiten, wie "Eutervorbereitung", "Melkzeug ansetzen", "Melkzeug abnehmen" oder "Zitzen dippen" beeinflußt würden. Die nicht unwesentliche Zunahme der Eutervorbereitungszeit bei Melkerin 2 im Betrieb 1 beruhte auf einer stärkeren Verschmutzung der Tiere im Beobachtungszeitraum. Die Tiere befanden sich zwischen dem Morgen- und Abendmelken auf der Weide, und diese war in diesem Zeitraum bedingt durch Regenfälle stark verschlammt. Der Gesamtarbeitszeitaufwand dieser Melkerin wurde zusätzlich erhöht durch eine Vergrößerung der Wegezeiten. Dies wurde verursacht durch die große Anzahl der gekennzeichneten Tiere, die diesen Melkstand betraten. Während bei der Melkerin 1 in diesem Betrieb meist nur ein bis zwei gekennzeichnete Tiere je Melkstandfüllung auftraten, waren bei Melkerin 2 oft zwei oder mehr Tiere als langsammelkend gekennzeichnet.

Der Betrieb 3 unterscheidet sich von den anderen beiden durch einen hohen Arbeitszeitaufwand für das maschinelle Nachmelken. Da auch der Melkstand im Betrieb 1 vom gleichen Hersteller stammte und bis auf den fehlenden Frontaustrieb die gleiche Ausstattung aufwies, können die Unterschiede nicht fabrikatbedingt sein. Durch die Mitarbeit während der Melkzeit, in der die langsammelkenden Tiere gekennzeichnet wurden, konnte sich die Autorin von den gravierenden Unterschieden beim Ausmelkgrad überzeugen. Begünstigend kam sicherlich noch der geringere Melkzeugbesatz je Melker (8 Melkzeuge im Betrieb 1 und 5,5 Melkzeuge im Betrieb 3) in der Nachbereitungsphase hinzu. Dafür spricht auch, daß im Betrieb 1 keinerlei Unterstützung des Nachmelkvorganges mit der Melkmaschine erfolgte.

Der höhere Zeitaufwand für den Arbeitsteilvorgang "Eutertücher austeilen" im Betrieb 2 erklärt sich dadurch, daß die Melkerinnen die Zeit zwischen der Vorbereitungsphase einer Melkstandseite und der Nachbereitungsphase der anderen Melkstandseite nutzten, um die verwendeten Eutertücher in einer Reinigungs- und Desinfektionsmittellösung zu spülen und anschließend zu schleudern, während die Melkerinnen im Betrieb 3 die Eutertücher nach der Vorbereitung von zwei Kühen in einem im Melkflur bereitstehenden Eimer nur kurz ausspülten, um dann die nächste Kuh vorzubereiten.

Im Mittelpunkt der Untersuchung standen jedoch die Veränderungen, die eine auf die Melkdauer ausgerichtete Abfolge der Eutervorbereitung hinsichtlich des Gesamtarbeitszeitaufwandes und der Qualität der Arbeitsausführung hatte. Es zeigte sich, daß außer bei einer Melkerin der Gesamtarbeitszeitaufwand je gemolkener Kuh entweder gleich blieb, in der Mehrzahl der Fälle sich jedoch verringerte. Die möglichen Gründe für die Senkung der Arbeitsleistung von Melkerin 2 (Betrieb 1) wurden bereits dargelegt. Bei der Bewertung der aufgezeigten Leistungssteigerungen ist jedoch zu beachten, daß bei den untersuchten

Herdengrößen derartige Erhöhungen kaum eine Verkürzung der Gesamtmelkzeit bewirken. Bedeutsamer sind sicherlich die Verschiebungen des Zeitvolumens zwischen den einzelnen Arbeitsteilvorgängen. Die Verringerung des Zeitaufwandes für das Wiederansetzen von Melkzeugen bei gleichzeitiger Ausdehnung der für das Nachmelken von Hand aufgewendeten Zeit läßt vermuten, daß alle Melkerinnen sich der Ausmelkkontrolle intensiver widmeten. Da gründliches Ausmelken einen positiven Effekt auf die Eutergesundheit haben kann, darf man wohl von einer Verbesserung der Arbeitsqualität sprechen.

Das bisher vorhandene Datenmaterial läßt auf die Wirksamkeit der angewandten Methode schließen, auch wenn eine statistische Sicherung aufgrund des geringen Stichprobenumfangs noch nicht gegeben war. Die Untersuchungen werden deshalb weitergeführt.

5 Zusammenfassung

Der Einfluß eines geänderten Arbeitsablaufes in der Vorbereitungsphase des Melkens auf den Gesamtarbeitszeitaufwand je gemolkener Kuh und auf Teilzeiten wurde in drei Milchviehbetrieben mit jeweils 400 laktierenden Kühen, die in Fischgrätenmelkständen gemolken werden, untersucht. Bis auf einen Fall konnte die Arbeitsleistung der Melker gehalten oder sogar erhöht werden. Gleichzeitig führte die Umstellung zu einer intensiveren Kontrolle des Ausmelkgrades durch den Melker.

6 Literatur

ORDOLFF, D. (1994): Arbeitszeitbedarf beim Melken großer Milchviehbestände. - In: Landtechnik 49, Heft 4, S. 210 - 211

SCHLEITZER, G. (1992): Neue Strukturen, neue Verfahren für die Tierproduktion. - In: Beiträge zur Jahrestagung der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig: "Marktwirtschaftliche Konsequenzen für die Tierproduktion von heute und morgen", Leipzig, 12. 2. 1992, S. 94 - 102

ZIPPER, J. (1988): Qualitätsgerechte Arbeitsausführung, Arbeitszeitbedarf und Arbeitsleistung bei unterschiedlichen Verfahren der Milchgewinnung in Melkständen. - In: Tierzucht 42, Heft 5, S. 229 - 231

Arbeitsorganisation und Zeitbedarf bei der Freilandhaltung von Sauen - Untersuchungen aus einem Praxisbetrieb

ANNE DEUTER, UTE PFEILER, O. KAUFMANN

Institut für Angewandte Nutztierwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin

1 Einleitung

Die Forderung nach artgerechter Tierhaltung wird heute in zunehmendem Maße lauter. Das ist vor allem durch die zunehmend kritische Auseinandersetzung der Verbraucher mit der industriellen Massentierhaltung begründet, die einerseits ethische Gründe hat, und zum anderen durch Zweifel an der gesundheitlichen Unbedenklichkeit des Fleisches bedingt ist.

Hier bietet die Freilandhaltung, die seit einigen Jahren auch in Deutschland wieder diskutiert und praktiziert wird, mit ihrem Image als naturnahe und artgerechte Haltungsvariante eine mögliche Alternative.

Weitere Vorteile der Freilandhaltung sind:

- die geringeren Kosten

  20 % der üblichen Investitionskosten pro Sauenplatz,

  geringere Tierarztkosten,

  geringere Energiekosten;

- die gesundheitsfördernde Wirkung von Frischluft, Sonne und viel Bewegung;

- die Flexibilität und die gute Eingliederung in die Fruchtfolge.

Die Leistungen in der Freilandhaltung sind denen der Stallhaltung auf jeden Fall ebenbürtig. Als Nachteile werden z.T. stärkere Seuchen- und Parasitengefährdung, ungünstiger Einfluß der Witterung auf Leistung und Tiergesundheit, erhöhter Futteraufwand, Bodenbelastung durch erhöhten Nährstoffeintrag und erschwerte Arbeitsbedingungen in Zusammenhang mit z.T. erhöhtem Arbeitszeitbedarf angefürt.

Zum Arbeitszeitbedarf in der Sauenhaltung, sowohl Stall- als auch Freilandhaltung, gibt es in der Literatur stark variierende Angaben (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Arbeitszeitbedarf in der Sauenhaltung (Akh/ Sau und Jahr)

Quelle / Autoren	Jahr	Anzahl Sauen	Freilandhaltung	Stallhaltung	
				Festmist	Flüssigmist
Berichte aus Verden	1990	über 40		29-36	23-28
KTBL	1992	ca. 100		18-20	
dlz	1991	60		34	23
dlz	1991	120		20	17
Thornton	1990	130-140	18-20		
Thornton	1990	ca. 107		25	
Durst / Willeke	1994	60	22,3		
Durst / Willeke	1994	105	19,5		
Oldigs / Ernst	1991		20		

Ebenso wie bei Stallhaltung ist der Arbeitszeitbedarf in der Freilandhaltung stark von der Herdengröße, dem Management und dem speziellen Haltungssystem abhängig und kann sich daher von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich gestalten.

Haupteinflußgrößen auf den Arbeitszeitbedarf in der Freilandhaltung:

- Haltungsform: Dezentralgehege oder Radialsystem
  Einzel- oder Gruppenhaltung der säugenden Sauen
  Verlegung einzelner Haltungsstufen in den Stall
- technische Ausstattung: Mechanisierung der Fütterung und des Tränkens
  Art des Tiertransportes
- Form der Bedeckung: künstliche Besamung im Deckzentrum
  oder natürlicher Deckakt durch mitlaufende Eber
- Wegezeiten und individuelle Arbeitsweise des Betriebsleiters

Ziel der Untersuchungen war es, den Gesamtarbeitszeitbedarf einer Freilandhaltung unter Berücksichtigung ungünstiger Bedingungen (Frost, verstärkter Arbeitsanfall durch Erkrankungen u.a.) und außerdem den detaillierten Zeitbedarf für die wichtigsten Sonderarbeiten zu ermitteln.

2 Methode

Die Untersuchungen zum Arbeitszeitbedarf einer Sauenfreilandhaltung wurden in einem Betrieb in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt.

Der Betrieb umfaßt insgesamt 46 ha landwirtschaftliche Nutzfläche und hält auf diesen Flächen durchschnittlich 260 Sauen mit Nachzucht bis zu einer Lebendmasse von 25 kg. Diese werden von zwei Arbeitskräften sowie gelegentlichen Hilfskräften bewirtschaftet. Die Haltung erfolgt in dezentralen Gehegen, welche auf verschiedene Felder verteilt sind, wodurch sich erhebliche Wegezeiten ergeben. Tragende Sauen werden in Gruppen, die säugenden Sauen in Einzelgehegen gehalten. Die Bedeckung erfolgt bei einigen Gruppen durch künstliche Besamung in einem Deckzentrum auf dem Hof, bei anderen durch natürlichen Deckakt auf der Weide. Umrauscher werden in beiden Fällen durch mitlaufende Eber gedeckt.

Nach Haidn (1992) lassen sich die Arbeitszeitwerte hinsichtlich der Datenermittlung nach Ergebnissen des Arbeitszeitaufwandes aus

- Tagebuchaufzeichnungen (Führen eines Arbeitstagebuches)
- Zeitmessungen
- Zeitkalkulationen

gliedern.

Die detaillierten Zeitmessungen erfolgten an 12 Tagen.

Auf einer Liste wurde täglich die Gesamtarbeitszeit abzüglich der Pausenzeiten erfaßt.

Die Zeitmessung bei den einzelnen Arbeiten erfolgte extra mit Hilfe von Stoppuhr und Zeitaufnahmebogen.

Die Gesamtarbeit untergliedert sich nach Haidn (1992) in regelmäßige und unregelmäßige (nicht tägliche) Routinearbeiten, Kontrollarbeiten und Sonderarbeiten.

Wichtigste erfaßte Arbeiten in der Freilandhaltung:

- Routinearbeiten: Fütterung / Tränken / Einstreuen
- Kontrollarbeiten: Kontrolle der Abferkelung

  (viele Kontrollarbeiten erfolgen während der Routinearbeiten)
- Sonderarbeiten: Sauen- und Ferkelbehandlungen, Reproduktionsarbeiten, Umtrieb, Absetzen

Da bestimmte Arbeitszeitwerte in der Freilandhaltung stark von der Witterung abhängig sind, mußten die Untersuchungen in verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt werden. Die erste Arbeitszeitmessung fand vom 01. 02. 1996 bis 06. 02. 1996 statt und die zweite Messung vom 30. 05. 1996 bis 04. 06. 1996.

3 Ergebnisse

Aufstellung des Arbeitszeitbedarfes für die wichtigsten Routinearbeiten

Tab. 2: Arbeitszeitbedarf je Tier und Jahr für Routinearbeiten

	Fütterung Akmin/Sau und Jahr bei 2x tägl. Fütterung	Tränken Akmin/Sau und Jahr (ca. 120 Tg./Jahr)	Einstreuen Akmin/Sau und Jahr
tragende + güste Sauen (208 Tiere)	61,4	26	
säugende Sauen (46 Tiere)	618,9	211	
Durchschnitt für alle Sauen (254 Tiere)	162	59,2	145
Absetzer	80	23	

Die ferkelführenden Sauen werden individuell per Hand gefüttert.

Während der Fütterung erfolgt gleichzeitig die Wurfkontrolle.

Die restlichen Sauen werden mit einem Futterwagen gefüttert, wobei die Pellets über ein Gebläse großflächig im Gehege verteilt werden.

Während der ersten Untersuchung im Winter wurden die Sauen nur einmal am Tag gefüttert. Da gesundheitliche Probleme (Durchfallerkrankungen) bei den Sauen auftraten, ist der Betriebsleiter ab Mitte Mai zur zweimaligen Fütterung pro Tag übergegangen, wodurch sich der Zeitaufwand für die Fütterung fast verdoppelte.

Bei der Berechnung der Fütterungszeiten in Tabelle 2 wurde nicht auf die unterschiedliche Häufigkeit der Fütterung im Winter und im Frühjahr eingegangen, da die einmalige Fütterung pro Tag nur ein vorübergehender Versuch des Betriebsleiters zur Arbeitszeitminimierung war.

Es wurde zur besseren Vergleichbarkeit der Daten angenommen, daß die Fütterung ganzjährig 2x täglich durchgeführt wird, die Meßwerte wurden dementsprechend hochgerechnet.

Das Tränken der Sauen erfolgt durch mit Schwimmern ausgerüstete Tränkbecken, welche über ein oberirdisch verlegtes Schlauchsystem vom Hof aus versorgt werden.

Je nach Witterung muß damit gerechnet werden, daß dieses Schlauchsystem für 3 - 4 Monate im Jahr zufriert und dann das Tränken manuell mit Hilfe eines isolierten Tankwagens erfolgen muß.

Während des Untersuchungszeitraumes gestaltete sich das Tränken besonders schwierig, da durch den anhaltenden starken Frost die Tränkbecken der Sauen zugefroren waren, so daß sie im Schnitt jeden zweiten Tag aufgehackt werden mußten.

In Tabelle 3 sind die wichtigsten, im Rahmen der Untersuchung erfaßten Sonderarbeiten am Tier aufgeführt.

Tab. 3: Arbeitszeitbedarf je Tier und Jahr für die wichtigsten Sonder- und Kontrollarbeiten

Arbeitsart	Arbeitszeitbedarf Akmin/Sau und Jahr	Arbeitszeitbedarf Akmin/Wurf bzw. Vorgang
Sauen		
Überwachen des Abferkelns	238	
Impfen	7	1,6
Umsetzung	11	
Rauschekontrolle, KB	32,5	6,5
Trächtigkeitskontrolle		0,5
Saugferkel		
Kastrieren, Schwänze kupieren, Eiseninjektion	14,5	6,6
Impfung	3	1,4
Absetzer		
Absetzen	8,4	3,8
Ohrmarken einziehen	6	
Läufer verladen		

Desweiteren kommen als Sonderarbeiten in der Freilandhaltung noch Wartungs- und Reparaturarbeiten an Fahrzeugen, Hütten und Zäunen, der jährliche Umzug auf eine andere Fläche, die Strohbergung, die Büroarbeiten und der Tierverkauf hinzu.

Diese Arbeiten sind in der berechneten Gesamtarbeitszeit enthalten, wurden aber im einzelnen nicht gemessen, da sie z. T. in Verbindung mit anderen Arbeiten durchgeführt werden oder im Untersuchungszeitraum nicht anfielen.

Nachfolgende Berechnungen des Gesamtarbeitsbedarfes basieren auf den Messungen von 12 Beobachtungstagen und Aussagen des Betriebsleiters.

Tab. 4: Durchschnittlicher Gesamtarbeitszeitbedarf in Akh für ca. 260 Sauen

	je Tag	je Woche	je Jahr
1. Arbeitskraft	9,3	65,3	3.397
2. Arbeitskraft	7,4	51,2	2.663
3. Arbeitskraft	2,1	15	766
Gesamt	18,8	131,5	6.826

In diesem Betrieb werden bei einem durchschnittlichen Sauenbestand von 260 Tieren unter Berücksichtigung von Arbeitsspitzen ca. 26 Akh/Sau und Jahr benötigt. Diese teilen sich auf 2 Arbeitskräfte und eine gelegentliche Hilfskraft auf.

Darin sind die sehr langen Wegezeiten zwischen Hof und Gehegen (ca. 1,5 - 2 h je Tag) und der Arbeitszeitbedarf für die Absetzer enthalten.

Ohne die Wegezeiten beträgt der Arbeitszeitbedarf je Sau und Jahr 23,8 Akh/Sau und Jahr.

4 Zusammenfassung

In vorliegenden Berechnungen wurden eine Vielzahl von ungünstigen Einflußfaktoren auf die Gesamtarbeitszeit berücksichtigt:

- extrem dezentrale Lage der Gehege
- individuelle Fütterung der ferkelführenden Sauen per Hand
- ungünstigste Witterungsbedingungen (lange Frostperiode)
- erhöhtes Krankheitsgeschehen im Betrieb (Durchfallerkrankungen)
- Probleme mit der Leistung des Elektrozaunes; daher intensive Wartungsarbeiten

Es kann daher davon ausgegangen werden, daß der berechnete Gesamtarbeitsbedarf von 26 Akh/ Sau und Jahr eine maximale Größe für den Betrieb darstellt.

Unter anderen Bedingungen, z. B., wenn im Winter statt an 120 Tagen nur an 30 Tagen per Tränkwagen getränkt werden muß, verringert sich die Arbeitszeit schon um ca. 1 h je Sau und Jahr.

Unter diesen Bedingungen können pro volle Arbeitskraft 110 bis 120 Sauen (mit Nachzucht bis 25 kg Lebendmasse) betreut werden.

In einem anderen untersuchten Betrieb mit Radialsystem, bei Gruppenhaltung der säugenden Sauen und Fütterung dieser über Futterautomaten war es möglich, ca. 500 Sauen mit 2,75 Arbeitskräften zu versorgen, d. h. 180 Sauen je Arbeitskraft.

5 Literatur

ANONYM (1991): Schweine wieder auf Stroh halten? In: dlz 12/91

DURST/WILLEKE (1994): Freilandhaltung von Zuchtsauen. KTBL-Arbeitspapier 204

HAIDN, B. (1992): Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Modellkalkulationen in der Zuchtsauenhaltung. Diss. Weihenstephan, Inst. f. Landtechnik

OLDIGS, B./ERNST, E. (1991): Die Freilandhaltung von Sauen. In: Der Tierzüchter 43(5)

Arbeitszeitaufwand für Einstreuen und Entmisten in Tretmist- und Tieflaufställen für Milchkühe

BERNHARD HÖRNING UND HEIKE GUNDLACH

Fachgebiet Nutztierethologie und artgemäße Tierhaltung (Leitung: Prof. Dr. habil. D.W. Fölsch), Universität Gesamthochschule Kassel, Nordbahnhofstr. 1 a, D-37213 Witzenhausen

1 Einleitung

Eingestreute Milchviehlaufställe wie Tieflaufställe oder Tretmistställe werden in den letzten Jahren unter den Gesichtspunkten Investitionskosten, Umweltverträglichkeit und Tiergerechtheit verstärkt diskutiert. Die Wirtschaftlichkeit eingestreuter Milchviehlaufställe hängt neben dem Investitions- und Strohbedarf auch vom Arbeitszeitbedarf ab. Systemspezifische Arbeiten der Innenwirtschaft sind dabei insbesondere die Arbeitsvorgänge Einstreuen und Entmisten. Über den Arbeitszeitaufwand lagen bislang u.W. beim Tretmiststall nur wenige (KRÜCKELS 1990, BALLHEIMER 1994) und beim Tieflaufstall keine Meßergebnisse aus der Praxis vor. Ziel der Arbeit war daher, auf weiteren Betrieben Arbeitszeitmessungen vorzunehmen und im Rahmen der IST-Analyse erste einzel- und zwischenbetriebliche Vergleiche vorzunehmen.

2 Material und Methodik

Auf je sieben Tretmist- und Tieflaufställen für Milchkühe wurden Arbeitsbeobachtungen der Arbeitsvorgänge Einstreuen und Entmisten vorgenommen. Es wurden Betriebe ausgewählt, die das Spektrum der Praxis widerspiegeln (Verfahrenstechnik, Bestandsgröße). Fünf Betriebe befanden sich in Nordrhein-Westfalen, je drei in Niedersachsen bzw. Sachsen-Anhalt, zwei in Thüringen und einer in Hessen. Die Datenaufnahme erfolgte bei zwei Tretmistställen im Rahmen einer Projektarbeit im Oktober 1994 und bei den übrigen Betriebe im Rahmen einer Diplomarbeit (GUNDLACH 1996) von Januar bis April 1996.

Die Erfassung des Arbeitszeitaufwandes wurde nach der Arbeitselementmethode (AUERNHAMMER 1986) durchgeführt. Die Messungen erfolgten durch Stoppuhr (cmin) als Fortschrittszeitmessung, die Datenaufzeichnung mit Tonband bzw. Aufnahmebogen. Jeder Arbeitsvorgang wurde möglichst viermal gemessen. Die aufgezeichneten Daten wurden direkt im Anschluß an die Messungen in einen Laptop eingegeben (EXCEL 5.0). Darüberhinaus wurden verschiedene Einflußgrößen erfaßt. Wegstrecken wurden mit einem Maßband bestimmt und daraus ggf. Flächen errechnet. Großballen wurden mit einer elektronischen Balkenwaage stichprobenartig gewogen (Wiegegenauigkeit 0,5 kg).

Für die IST-Analyse wurden aus den gemessenen Daten betriebsspezifische Abläufe gebildet, indem Unterbrechungs- und Störzeiten herausgerechnet und in zwei Fällen (Altenteiler bzw. Auszubildender) eine Leistungsgradbeurteilung (80 %) vorgenommen wurde.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere Betriebsgröße ist 113 ha (30 - 250 ha), davon sind im Mittel 43,5 % Grünland (19 - 78 %). Es werden durchschnittlich 53,7 Kühe gehalten (22 - 105 Tiere). Vier der untersuchten Stallungen sind Umbauten und zehn Neubauten. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Verfahrenstechnik der untersuchten Betriebe.

Tab. 1: Verfahrenstechnik in den untersuchten Betrieben

	Tretmistställe							Tieflaufställe						
Betrieb	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Strohform	HD	GP	RB	GP	GP	RB	RB	RB	RB	RB	RB	RB	HD	GP
Einstreuhäufigkeit/Tag	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Einstreuverteilung	hd.	ma.	ko.	hd.	hd.	ma.	ma.	ko.	hd.	ma.	hd.	ko.	ma.	ko.
Stroh/Betr. u. Tag (kg)	132	434	117	214	218	424	530	640	393	715	318	548	169	491
Stroh/GV u. Tag (kg)	5,5	3,9	4,9	6,6	4,0	7,7	6,8	9,8	8,0	6,3	6,1	5,7	5,2	9,1
Entmistung - Freßplatz	mo.	mo.	mo.	st.	mo.	mo.	mo.	Sp.	mo.	Sp.	mo.	st.	mo.	Sp.
- Entmist.-häufigk./Tag	2	2	2	2-3	1	2	2	-	1	-	1-2	4-5	1	-
- Liegefläche	-	-	-	-	-	-	-	S	S/H	R	S	S	H	R/S

HD = Hochdruckballen, GP = Großpacken, RB = Rundballen, hd. = von Hand, ma. = maschinell (Ballenauflöser etc.), ko. = kombiniert (von Hand/maschinell), mo. = mobil, st. = stationär (Schieber-anlagen), Sp = Spalten, S = Schlepper, R = Radlader, H = Hoftrac, GV = Großvieheinheit (à 500 kg)

Auf den Tretmistbetrieben wird durchschnittlich 1,9mal am Tag eingestreut, in den Tieflaufställen nur 1,0mal. Die Daten lassen sich mit einer größeren Stichprobe vergleichen, die im Rahmen einer Umfrage gewonnen wurde (HÖRNING/GAIO 1996, 1997a), auf die im folgenden Bezug genommen wird. Die Einstreuhäufigkeit betrug dort im Tretmiststall ∅ 1,7mal (n = 37) und im Tieflaufstall ∅ 1,1mal (n = 72). Vier der Tretmistbetriebe (57 %) und drei der Tiefstreubetriebe (43 %) streuen maschinell ein (davon einer mit dem Miststreuer). Bei der größeren Stichprobe (Umfrage) waren Einstreumaschinen auf 39 % bzw. 24 % der Betriebe vorhanden.

Nur in je einem Tieflauf- bzw. Tretmiststall (14,3 %) befand sich eine stationäre Entmistungsanlage, in der Umfrage waren es im Tieflaufstall 23,3 % und im Tretmiststall 42,9 %. Die durchschnittliche Entmistungshäufigkeit betrug beim mobilen Entmisten im Tretmiststall 1,8mal am Tag und im Tieflaufstall 1,2mal. Bei der Umfrage waren es beim mobilen Entmisten 1,4 bzw. 1,0mal. Stationäre Anlagen wurden durchschnittlich häufiger eingesetzt (2,7 bzw. 3,8 mal).

Der durchschnittliche Stroheinsatz betrug in den Tretmistställen 5,6 kg/GV und Tag bzw. 295 kg/Betrieb und in den Tieflaufställen 7,2 kg/GV/Tag bzw. 468 kg/Betrieb. Bei

stichprobenartigen Wiegungen auf Praxisbetrieben wurden im Tretmiststall 4,1 kg/GV und 158 kg/Betrieb (n = 18) und im Tieflaufstall 5,7 bzw. 300 kg (n = 20) ermittelt (HÖRNING/GAIO 1997b).

Tabelle 2 zeigt die Einzelwerte für den Arbeitszeitaufwand je GV und Tabelle 3 den Vergleich der Mittelwerte nach Haltungssystem. Aus dem täglichen Arbeitszeitaufwand wurde der jährliche Aufwand hochgerechnet. Da alle untersuchten Betriebe Weidegang durchführen, beziehen sich die Angaben nur auf die Stallperiode. Vereinfachend wurde eine Stallzeit von 200 Tagen sowie Ganztagsweide im Sommer unterstellt.

Tab. 2: Arbeitszeitaufwand für Einstreuen und Entmisten, bezogen auf GV (APmin/Tag)

	Tretmistställe							**Tieflaufställe**						
Betrieb	**3**	**1**	**4**	**5**	**7**	**6**	**2**	**13**	**9**	**11**	**14**	**8**	**12**	**10**
Anzahl GV	24	24	33	54	56	72	112	33	44	52	54	65	97	114
Rüstzeiten Einstreuen	0,42	0,24	0,17	0,17	0,06	0,10	0,08	0,58	0,22	0,19	0,26	0,27	0,14	0,09
Einstreuverteilung	0,51	0,42	0,34	0,14	0,16	0,12	0,12	0,12	0,43	0,16	0,18	0,11	0,21	0,16
Summe Einstreuen	0,93	0,66	0,51	0,31	0,22	0,22	0,20	0,71	0,64	0,35	0,44	0,37	0,34	0,26
Rüstzeiten Entmisten	0,60	0,65	0,19	0,11	0,12	0,08	0,10	0,30	0,46	0,26	-	-	0,11	-
Lauffläche abschieben	0,32	0,29	0,0	0,09	0,44	0,24	0,19	0,24	0,19	0,18	-	-	0,13	-
Liegefläche entmisten	-	-	-	-	-	-	-	k.A.	0,56	0,04	k.A.	0,04	k.A.	0,04
Summe Entmisten	0,93	0,95	0,19	0,20	0,56	0,31	0,28	0,54	1,21	0,48	k.A.	0,04	0,24	0,04
Einstr. u. Entmist.	**1,86**	**1,61**	**0,70**	**0,51**	**0,78**	**0,53**	**0,48**	**1,24**	**1,85**	**0,82**	**0,44**	**0,42**	**0,59**	**0,29**
- APmin/Betr./Tag	44,5	38,7	23,3	27,7	43,5	38,2	54,2	41,2	81,6	42,8	23,5	27,1	56,9	33,4
- APh/GV/Jahr[1]	6,19	5,38	2,35	1,71	2,59	1,77	1,61	4,16	6,18	2,75	1,45	1,39	1,96	0,98

GV = Großvieheinheit (à 500 kg), k.A. = fehlende Messungen, [1] = bez. auf Weidegang (200 Stalltage)

3.1 Rüstzeiten Einstreuen

Hierzu zählen alle Tätigkeiten der Strohbereitstellung. Den höchsten Arbeitszeitaufwand für diese Vor- und Nacharbeiten des Einstreuens hat Betrieb 13 mit 0,58 APmin/GV, hier wurden deckenlastig gelagerte Hochdruckballen für den Ballenauflöser aus dem alten Anbindestall

geholt. Dann folgt Betrieb 3 mit 0,42 APmin/GV, bei dem Rundallen über eine längere Strecke auf unebenem Boden transportiert wurden. Die Betriebe 1, 8, 9 und 14 liegen zwischen 0,22 und 0,27 APmin/GV. In Betrieb 1 sind HD-Ballen deckenlastig gelagert. Auf Betrieb 8 bestehen längere Transportwege zwischen Strohlager und Stall (Feldmiete). Auf Betrieb 9 konnte der Hoftrac mit dem Rundballen auf gefrorenem und unebenem Boden nur langsam fahren. Die Betriebe 4, 5, 11 und 12 weisen 0,14 - 0,19 APmin/GV auf; hier waren die Transportwege im Vergleich zu den vorgenannten Betrieben kürzer.

Den niedrigsten Arbeitszeitaufwand haben die Betriebe 2, 6, 7 und 10 (0,06 - 0,10 APmin/GV). Betrieb 2 hat ein Zwischenlager für Großpacken auf dem Futtertisch. Bei den Betrieben 6, 7 und 10 ist das Stroh direkt am Stall gelagert. Das Befüllen des Häckslers geschieht auf Betrieb 6 mit einem zweiten Schlepper, der Häcksler von Betrieb 7 nimmt die Ballen über eine absenkbare Heckklappe auf. Auf Betrieb 10 wird das Einstreugerät durch eine zweite Arbeitsperson mit einem Radlader befüllt. Insgesamt scheint somit die wichtigste Einflußgröße bei den Rüstzeiten für das Einstreuen die Entfernung zu sein.

Tab. 3: Durchschnittlicher Arbeitszeitaufwand je GV für Einstreuen und Entmisten nach Haltungssystem (in APmin/Tag)

	Tretmist	Min.	Max.	s	Tieflauf	Min.	Max.	s	Alle
Anzahl GV	**53,6**	24	112	31,4	**65,6**	33	114	29,4	**59,6**
- Rüstzeiten Einstreuen/GV	**0,18**	0,06	0,42	0,13	**0,25**	0,09	0,58	0,16	**0,21**
- Einstreuverteilung/GV	**0,26**	0,12	0,51	0,16	**0,20**	0,11	0,43	0,11	**0,23**
Einstreuen gesamt/GV	**0,44**	**0,20**	**0,93**	**0,28**	**0,44**	**0,26**	**0,71**	**0,17**	**0,44**
- Rüstzeiten Entmisten/GV	**0,27**	0,08	0,65	0,25	**0,28**	0,11	0,46	0,14	**0,27**
- Laufgänge abschieben/GV	**0,22**	0,0	0,44	0,15	**0,19**	0,13	0,24	0,04	**0,21**
- Liegefläche Entmisten/GV[1]	-	-	-	-	**0,17**	0,04	0,56	0,26	**0,17**
Entmisten gesamt/GV	**0,49**	**0,20**	**0,95**	**0,33**	**0,43**	**0,04**	**1,21**	**0,44**	**0,46**
Einstr. u. Entmist. je GV/Tag	**0,93**	**0,48**	**1,86**	**0,57**	**0,87**	**0,29**	**1,85**	**0,59**	**0,90**
APh/GV/Jahr (bei Weidegang)	**3,09**	1,61	6,19	1,89	**2,90**	0,98	6,18	1,96	**3,00**

s = Standardabweichung, [1] = ohne Betriebe 12 bis 14

3.2 Einstreuverteilung

Hierzu wurde das Entfernen der Ballenschnüre und die reine Einstreuverteilzeit gezählt. Die meisten Betriebe haben einen Arbeitszeitaufwand von 0,11 - 0,21 APmin/GV. Von diesen verwenden die Betriebe 2, 6, 7, 10 und 13 Einstreugeräte. Betrieb 14 streut Quaderballen mit dem Miststreuer ein. Betrieb 8 befährt mit dem Schlepper die Liegefläche und wickelt den Rundballen durch Rückwärtsfahren mit dem Frontlader ab. Betrieb 12 schüttelt die Rundballen mit dem Schlepper auf. Diese drei Betriebe verteilen jeweils von Hand nach.

Bei den Betrieben, die das Stroh ausschließlich von Hand verteilen, ist der Arbeitszeitaufwand der Betriebe 5 und 11 mit 0,14 - 0,16 APmin/GV vergleichbar mit dem maschinellen

Einstreuen. Betrieb 11 rollt Rundballen von Hand auf der Liegefläche ab und verteilt manuell nach. Betrieb 5 streut als einziger der Tretmistbetriebe nur einmal am Tag ein. Betrieb 1 hingegen verteilt HD-Ballen und auf Betrieb 4 wird Großpackenstroh von einem kleinen Zwischenlager auf der Liegefläche verteilt. Betrieb 3 hat mit 0,51 APmin/GV den höchsten Arbeitszeitaufwand. Hier wird das Stroh vom Rundballen auf dem Futtertisch per Hand in ein altes Heugebläse eingegeben und auf der Liegefläche von einer Stelle aus manuell verteilt.

Wenn nur das Arbeitselement 'Einstreuverteilung auf der Liegefläche' betrachtet wird, ergibt sich ein Arbeitszeitaufwand von 2,1 APmin/dt Stroh für die Betriebe mit maschinellem Einstreuen, von 3,5 für die kombinierten Verfahren und von 3,6 APmin/dt Stroh für das Handverteilen. Dabei ist die Spannweite für das maschinelle Einstreuen am niedrigsten, dann folgt die Handverteilung. Die größten Differenzen bestehen bei den kombinierten Verfahren, die auch verfahrenstechnisch sehr unterschiedlich sind. Aus dem genannten ergibt sich, daß bei der Einstreuverteilung die Mechanisierung eine wichtige Einflußgröße ist.

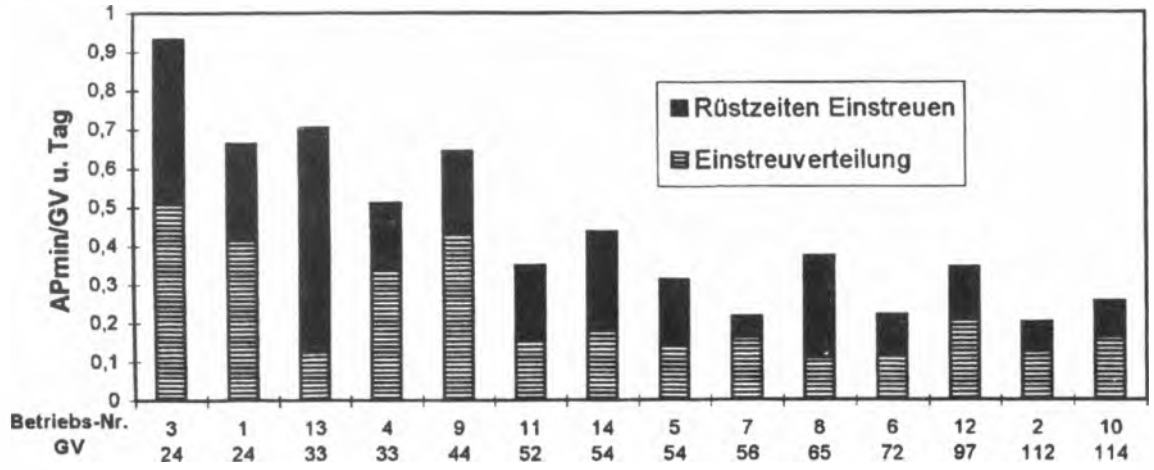


Abb. 1: Arbeitszeitaufwand für Einstreuen in APmin/GV u. Tag

Abbildung 1 zeigt den Arbeitszeitaufwand für die **gesamte Einstreuarbeit** je GV und Tag. Die Bestandsgröße hat anscheinend einen Einfluß. Für die gesamte Einstreuarbeit benötigten Betriebe mit 24 - 33 GV 0,51 - 0,93 APmin/GV, Betriebe mit 44 - 72 GV 0,22 - 0,64 und Betriebe mit 97 - 114 GV 0,2 - 0,34 APmin/GV. Darüberhinaus ist zu erkennen, daß die Betriebe mit Einstreumaschinen (2, 6, 7, 10) mit 0,20 - 0,26 APmin/GV die niedrigsten Gesamtwerte aufweisen (ausgenommen Betrieb 13 mit HD-Ballen).

3.3 Rüstzeiten Entmisten

Hierzu zählen die Vor- und Nacharbeiten, das Mist wegfahren und aufstapeln sowie ggf. das Fladen absammeln. Die meisten Betriebe liegen unter 0,2 APmin/GV. Die Betriebe 11 und 13 benötigen 0,26 - 0,3 APmin/GV. Auf Betrieb 11 sind durch die Kombination von manuellem und mobilen Entmisten viele Wege zurückzulegen, zusätzlich werden Fladen auf der Liegefläche umgedreht. Auf Betrieb 13 werden während der Entmistung Schaufel und Schiebeschild des Hoftracs zweimal getauscht. Betrieb 9 (0,46 APmin/GV) hat eine Entfernung von 90 m zur Dungstätte. Auch auf Betrieb 3 (0,60 APmin/GV) sind weite Wege bis zur Dungstätte zurückzulegen (100 m), zum Teil wurde Mist noch von Hand in die Heckschaufel geladen. Betrieb 1 hat mit 0,65 APmin/GV den höchsten Arbeitszeitaufwand,

hier ist aufgrund der Altgebäudesituation ein höherer Umtriebsaufwand zu verzeichnen, ferner werden Kuhfladen von Hand abgeworfen.

3.4 Entmistung planbefestigter Flächen

Die Betriebe 2, 5, 9, 11 und 12 haben einen Arbeitszeitaufwand von 0,09 - 0,19 APmin/GV. Die Betriebe 4 und 12 setzen Schieberanlagen am Freßplatz ein, so daß für die Entmistung dieser Flächen keine Zeit anfällt. Auf Betrieb 12 beinhaltet der Wert für die Entmistung das Abschieben des Laufhofes mit dem Heckschild. Auch bei den Betrieben 1 und 13 ist das Abschieben des Laufhofes enthalten, die Betriebe 1 und 12 benötigen hierfür 0,13 - 0,15 APmin/GV mit dem Schlepper, Betrieb 13 0,24 APmin/GV mit dem Hoftrac. Betrieb 11 hat ebenfalls einen Laufhof, der jedoch zum Zeitpunkt der Messungen nicht zugänglich war. Auch auf Betrieb 8 fehlt noch die Zeit für die Laufhofreinigung. Betrieb 7 liegt mit 0,44 APmin/GV am höchsten; hier war zum Zeitpunkt der Entmistung die Querentmistung defekt, so daß bei der Entmistung mit dem Hoftrac u.a. eine höhere Mistmenge vorhanden war.

Als wichtige Einflußgrößen beim Entmisten planbefestigter Flächen erscheinen demnach die Mechanisierung (Schieberanlagen), die Fläche (Laufhof) und die Strecke (Entfernung Dungstätte).

3.5 Liegeflächenentmistung

Die Tieflaufstall-Betriebe 8, 10 und 11 mit vergleichbaren Verfahren benötigen jeweils 0,04 APmin/GV und Tag (Mistladen mit dem Frontlader). Die Gesamtdauer je Entmistungsvorgang lag bei diesen Betrieben zwischen 330 und 400 Minuten. Der Betrieb 9 liegt mit 0,56 APmin/GV weit darüber. Hier ist die Liegefläche auf mehrere Abteile im Altbau verteilt. Der Mist wird erst mit dem Hoftrac auf den Freßplatz befördert und dort mit dem Frontladerschlepper aufgeladen. Da nur ein Schlepper zum Laden und Ausbringen vorhanden ist, muß häufig umgehängt werden. Aufgrund der verwinkelten Situation im Altgebäude müssen Ecken häufiger manuell nachgereinigt werden. Darüberhinaus wird aufgrund der niedrigeren Deckenhöhe im Altgebäude wesentlich häufiger als üblich entmistet (etwa alle sechs Wochen), wodurch der Anteil der Rüstzeiten steigt.

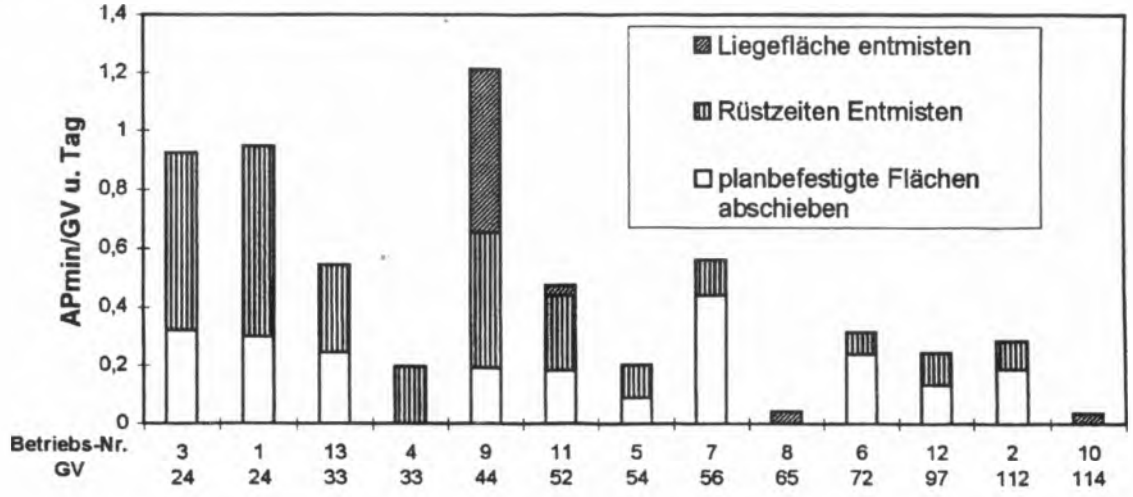


Abb. 2: Arbeitszeitaufwand für Entmisten in APmin/GV und Tag (Betr. 12 und 13 ohne Liegeflächen- und Betr. 4 und 11 ohne Laufhofentmistung)

Abbildung 2 zeigt den Arbeitszeitaufwand für die **Entmistung insgesamt**. Anscheinend hängen die Werte weniger stark von der Bestandsgröße ab als beim Einstreuen. Hier spielt wohl das Verfahren eine stärkere Rolle (Spalten/stationär/mobil). Den weitaus geringsten Arbeitszeitaufwand für die Entmistung haben die Betriebe 8 und 10, beides Tieflaufställe mit Spaltenboden. Betrieb 14 hat ebenfalls Spalten am Freßplatz, hier konnte jedoch die Entmistung der Liegefläche nicht gemessen werden. Diese betrug jedoch bei den Betrieben 8, 10 und 11 jeweils nur 0,04 APmin/GV. Daran wird deutlich, daß vom Gesichtspunkt der Entmistung Tieflaufställe mit Spaltenboden interessant sind.

3.6 Gesamtvergleich

Nach **Haltungssystem** betrachet liegt der Mittelwert der Rüstzeiten für das Einstreuen je GV im Tieflaufstall etwas höher als im Tretmiststall, bei der Einstreuverteilung ist es hingegen umgekehrt (Einstreuhäufigkeit), so daß sich die Summe für das Einstreuen nicht unterscheidet (vgl. Tab. 3). Die Rüstzeiten für das Entmisten sind ebenfalls etwa gleich. Beim Abschieben der Laufgänge liegen die Tieflaufställe etwas günstiger, wahrscheinlich weil die Häufigkeit niedriger ist (1,2 vs. 1,8mal/Tag). Beim Vergleich der vorliegenden Mittelwerte für Einstreuen und Entmisten zusammen schneiden die Tieflaufställe mit 0,80 APmin/GV und Tag etwas besser ab als die Tretmistställe mit 0,92 APmin/GV und Tag. Da das Entmisten der Liegefläche nicht auf allen Betrieben gemessen werden konnte, dürften sich die beiden Systeme in der Gesamtentmistungszeit kaum unterscheiden.

Abbildung 3 zeigt den **Arbeitszeitaufwand je Betrieb** für Einstreuen und Entmisten zusammengenommen. Es zeigt sich, daß der Arbeitszeitaufwand je Betrieb weniger stark schwankt als der je GV (vgl. Abb. 1 und 2). Die Herdengröße hat in gewisser Weise einen relativierenden Einfluß. Einerseits verringert sich der Anteil der Rüstzeiten mit steigender Herdengröße. Auf der anderen Seite sind die größeren Betriebe häufig besser mechanisiert. Auch in der oben erwähnten Umfrage hatten die Betriebe mit Einstreumaschinen größere Bestände (62,5 Kühe) als solche ohne (35,8 Kühe). Ferner hatten Tieflaufstallbetriebe mit Spaltenböden größere Bestände (49,5 Kühe) als Tretmistbetriebe (32,6 Kühe) (HÖRNING/GAIO 1997). Beim Arbeitszeitaufwand je Betrieb und Tag liegen die Tieflaufställe mit 43,47 APmin/GV und Tag etwas höher als die Tretmistställe mit 38,62 APmin/GV und Tag. Dieses dürfte mit der etwas höheren Bestandsgröße zusammenhängen.

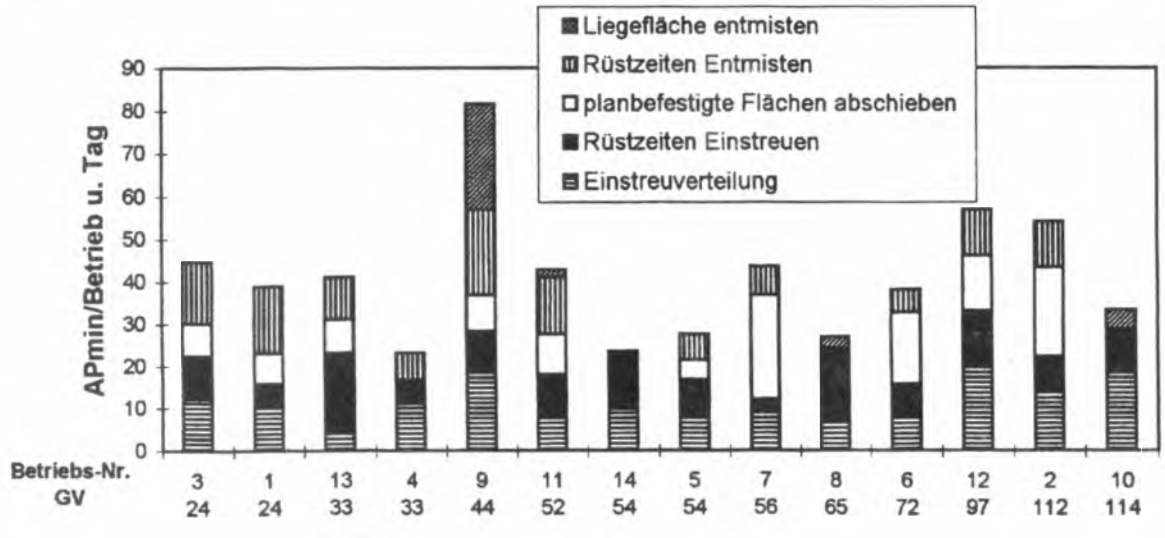


Abb. 3: Arbeitszeitaufwand für Einstreuen und Entmisten je Betrieb in APmin/Tag (Betr. 12, 13, 14 ohne Liegeflächen- und 4 und 11 ohne Laufhofentmistung)

Neun Betriebe benötigen für die komplette Einstreuarbeit eine Gesamtzeit von 15 bis 25 APmin am Tag, zwei zwischen 25 und 30 und einer 30 - 35 APmin am Tag. Der Arbeitszeitaufwand für die gesamte Entmistung schwankt sehr viel stärker zwischen den Betrieben als beim Einstreuen, obwohl die durchschnittliche Dauer hierfür etwa gleich liegt. Die Gründe liegen in der Unterschiedlichkeit der Verfahren.

Andere Arbeitszeitmessungen in Tretmistställen ergaben eine Spannweite für Einstreuen und Entmisten von 0,38 - 1,31 AKmin/GV (KRÜCKELS 1991, BALLHEIMER 1994). Bei diesen Angaben handelt es sich allerdings um den Arbeitszeitbedarf (Planzeiten). Den Planzeiten liegen z.T. sehr verschiedene Verfahren zugrunde, so daß die Vergleichbarkeit erschwert ist. Die selbst untersuchten Betriebe lagen zwischen 0,48 und 1,86 AP min/GV und Tag (vgl. Tab. 3).

Der Durchschnitt von 11 Betrieben für Einstreuen und Entmisten (8, 13 und 14 ohne Daten zur Liegeflächenentmistung) lag ungeachtet der Bestandsgröße, des Haltungssystems und des jeweiligen Verfahrens bei 0,89 APmin/GV und Tag bzw. 41,2 APmin je Betrieb und Tag, ohne den Ausreißer Nr. 9 bei 0,79 APmin/GV und Tag bzw. 37,0 Minuten pro Tag. Am besten schneiden die Tieflaufställe mit Spaltenböden ab (8 und 10), die zwischen 0,3 und 0,4 APmin/GV und Tag liegen. Es folgen die gut mechanisierten Tretmistställe 2 und 6 mit ca. 0,5 APmin/GV und Tag. Die beiden Betriebe mit Schieberanlagen (4 und 12) wiesen untypische Bedingungen auf, weshalb sie mehr Zeit als erwartet benötigten.

Bei gut organisierten Betrieben ist demnach mit ca. 0,3 bis 0,4 APmin/GV und Tag zu rechnen. Aus diesen Angaben errechnet sich bei z.B. 60 GV ein täglicher Gesamtarbeitszeitaufwand von 18 - 24 Minuten. Dies entspricht ca. 1,8 - 2,4 APh/GV/Jahr bei ganzjähriger Stallhaltung (bzw. 1,0 - 1,3 APh/GV und Jahr bei Weidegang). Zu berücksichtigen ist, daß alle hier untersuchten Betriebe Weidegang durchführen und sich daher der Aufwand für Strohbergung, Einstreuen, Entmisten und Mistausbringung reduziert. Aufgrund der erwähnten Umfrage führen 77 % der Tieflaufstallbetriebe und 60 % der Tretmistbetriebe Weidegang durch. Im Boxenlaufstall mit Spalten (64 Kühe) wird bei dreimal wöchentlichem Boxeneinstreuen mit Stroh und Boxenreinigen mit 1,0 AKh je Kuh und Jahr gerechnet (KTBL 1995). Arbeit für das Reinigen der Spaltenböden von Hand wurde bei diesen Kalkulationen nicht berücksichtigt, wird in in der Praxis aber häufiger durchgeführt. Für einen detaillierten Systemvergleich sind weitere Messungen sowie eine Planzeiterstellung nötig.

4 Literatur

AUERNHAMMER, H. (1986): Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskriptdruck der Vorlesung, TUM Weihenstephan, 266 p.

BALLHEIMER, A.E. (1994): Untersuchungen zum Strohbedarf, Mistanfall und Arbeitszeitaufwand für Einstreuen und Entmisten im Tretmiststall für Milchvieh. Dipl.-arb. agr., TUM Weihenstephan

GUNDLACH, H. (1996): Arbeitszeitmessungen in eingestreuten Milchviehlaufställen - Einstreuen und Entmisten im Tretmist- und Tieflaufstall. Dipl.-arb. agr., Univ. GhK, Witzenhausen

HÖRNING, B. UND C. GAIO (1996): Verfahrenskenndaten eingestreuter Milchviehlaufställe in der Praxis. (KTBL-Arbeitspapier, 233) Aktuelle Arbeiten aus Landtechnik und landwirtschaftlichem Bauwesen - BML-Arbeitstagung '96. KTBL, Darmstadt, 169 - 177

HÖRNING, B. UND C. GAIO (1997a): Erste Ergebnisse einer Auswertung eingestreuter Milchviehlaufställe in der Praxis. In: Ökologische Rinderhaltung. (Tierhaltung; 25) Univ. Kassel (GhK), Witzenhausen (im Druck)

HÖRNING, B. UND C. GAIO (1997b): Erhebungen zu Strohverbrauch, Tierverschmutzung und Verfahrenstechnik in eingestreuten Milchviehlaufställen. 4. Wissenschaftstagung Organischer Landbau, Bonn, 3./4.3.97 (Tagungsband im Druck)

KRÜCKELS, A. (1990): Arbeitszeiten in Tretmistställen. Dipl.-arb. agr., Univ. Hohenheim

KTBL (1995): Eingestreute Milchviehlaufställe. (KTBL-Schr.; 365) KTBL, Darmstadt, 130 p.

Verfahrenstechnische und arbeitswirtschaftliche Optimierung der Haltung von Mastschweinen auf Sägemehl

KAUFMANN, ROBERT

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT),
CH-8356 Tänikon TG

1 Einleitung

Beim Kompoststallsystem handelt es sich um eine neue Haltungsart für Mastschweine. Anstelle von Stroh bewegen sich die Tiere auf einer Sägemehl-Tiefstreuschicht als Unterlage. Damit ein neues Tierhaltungssystem gegenüber den herkömmlichen Verfahren konkurrieren kann, muss es betriebs- und arbeitswirtschaftliche Vorteile aufweisen. Zusätzlich soll es heute erhöhten Umwelt- und Tierschutzanforderungen genügen.

Das untersuchte Haltungssystem bringt dazu einige vielversprechende Ansätze wie Güllenfreiheit, Wühlmöglichkeit für die Schweine, Geruchsreduktion etc. Ausserdem sind die Ansprüche an das Stallklima vor allem in der kalten Jahreszeit wegen der warmen Bodenverhältnisse bescheiden. Dieses System könnte deshalb im Zusammenhang mit Umnutzungen bestehender Bausubstanz seine Bedeutung haben. Gemäss vorausgehenden Untersuchungen in einem Offenfrontstall funktionieren die Kompostierungsprozesse allerdings in reinen Aussenklimaställen bei tiefen Wintertemperaturen unbefriedigend (KAUFMANN et al. 1992).

Die Pflegemassnahmen bezwecken, anaerobe biologische Prozesse im Tiefstreubett aufrechtzuhalten, im Sinne einer Flachbettkompostierung. Dazu gehören das regelmässige Verteilen des stark mit Kot verschmutzten Materials über die ganze Tiefstreufläche zur Sicherstellung einer gründlichen Mischung und des Lufteintrags. In den herkömmlichen Praxislösungen ist diese Umsetztätigkeit mit hohem Arbeitszeitbedarf und dem Einsatz von Spezialgeräten verbunden.

2 Problemstellung

Schwerpunkt der Untersuchungen war die Verbesserung der Verfahrenstechnik mit dem Ziel, den Aufwand an Arbeit, spezieller Technik und Material zu reduzieren. Verschiedene Untersuchungen wiesen gerade hier auf ein Entwicklungsdefizit hin (VERMEULEN 1992).

Zwecks Optimierung der Prozesssteuerung musste man die Einflüsse von Einstreuart und -tiefe, Häufigkeit des Umsetzens und Art der verwendeten Maschinen kennenlernen. Im weiteren wollte man Erfahrungen sammeln mit dem Betrieb eines solchen Systems in einem schwach isolierten Gebäude mit natürlicher Klimaführung. Insbesondere waren die technisch-

wirtschaftlichen Kenndaten zu erarbeiten und die Kenntnisse über die Umweltverträglichkeit und das Verhalten der Tiere zu verbessern.

3 Methode

Die Versuche sind im Sinne eines angewandten Forschungs- und Entwicklungsprojektes konzipiert. Der Versuchsstall, ein einfacher, schwach isolierter Baukörper mit Trauf-First-Lüftung ist mit zwei aussenliegenden Futtergängen ausgerüstet (Abb. 1). Die Ad-libidum-Fütterung geschieht mittels Breifutterautomaten (je zwei pro Bucht). Die computergesteuerte

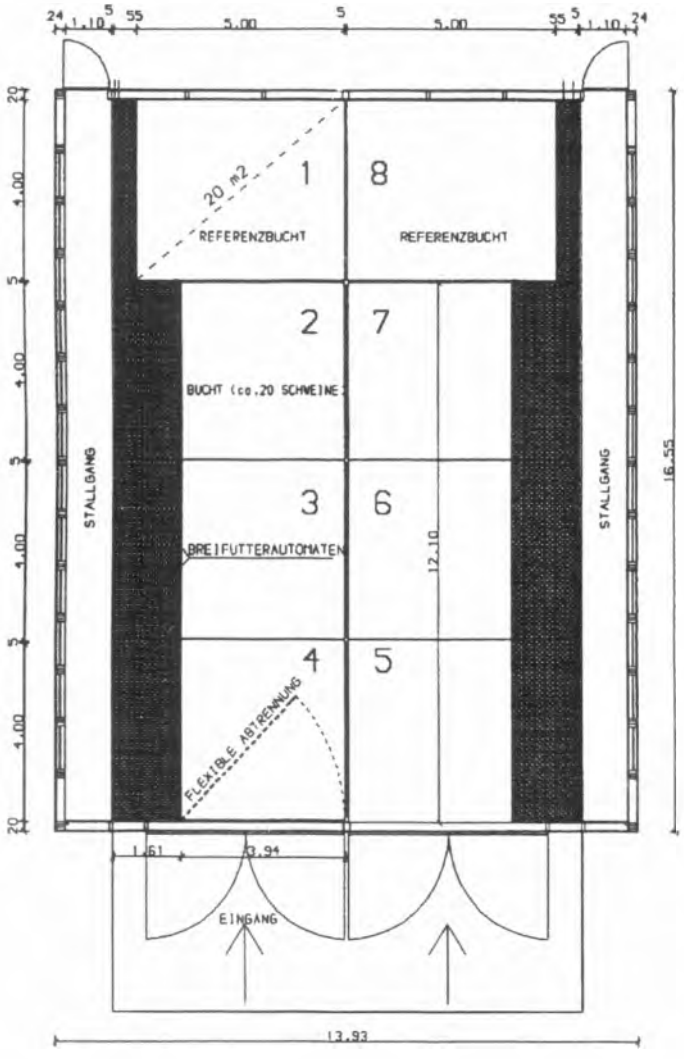


Abb. 1: Grundriss Versuchsstall (Situation Phase 4)

Die Buchten 2,3,4 und 5,6,7, wurden als Parallelvarianten betrieben. Vor der Bearbeitung des Bettes wurden die Schweine von Richtung der Eingangstüre her durch Auswärtsschwenken der Gitter auf den Festboden gesperrt.

Zuführung erlaubt einerseits Multiphasenfütterung, anderseits ermöglicht sie die buchtenweise Registrierung des Futter- und Wasserverbrauchs. Intervallmässig betriebene Duschen vermindern den Hitzestress bei Stalltemperaturen über 26 °C.

In den Phasen 1 und 2 wurden verschiedene Einflüsse auf die Aktivität im Biobett untersucht (Einstreuqualitäten und -tiefen, Bioaktivator, Einsatz Bearbeitungsmaschinen, vgl. Tabelle 1). Ab Phase 3 lag der Schwerpunkt in der Vereinfachung der Arbeitsabläufe, und zwar mittels folgender Massnahmen: Zusammenfassung von zwei Buchten zu Doppeleinheiten, Vereinfachung des Umsetzens, Übergang zu vierzehntäglichem Umsetzen. In der vierten Versuchsphase überprüften wir die nunmehr optimierten Buchten auf ihre Praxistauglichkeit, verglichen zwei Umsetzintensitäten und machten ethologischen Studien zur Benützung der verschiedenen Zonen in der Bucht.

Tab. 1: Versuchsanordnung

Phasen	1	2	3	4
Dauer	Feb. - Nov. 93	Nov. 93 - März 94	Mai 94 - März 95	Juli 95 - Juli 96
Spezielle Fragestellungen	Vergleich Sägemehl/Hack-schnitzel; Wirkung verschiedener Umsetzgeräte	Vergleich Betttiefen (30/45 cm); Wirkung von Bioaktivator (in sep. Laborstall)	Wirkung langer Buchtenform auf Abkotverhalten	Vergleich von zwei Umsetzintensitäten (jede Woche/ jede zweite Woche); Abkotverhalten bei Teilfestfläche
Allgemeine Parameter	Temperatur im Bett (15, 25 cm Tiefe), Gehalt und Menge des Kompostes (TS, Ntot, NH3-N,NH4-N, P, K), Mastleistungen (tägliche Zunahmen, Futterverwertung), Wasserverbrauch, Einstreubedarf, Investitions- und Betriebskosten, Arbeitszeitbedarf.			
Spezielle Erhebungen	Arbeitstiefe der Maschinen		Koteckenpunktierung	Videobeobachtungen, Koteckenpunktierung, Reifetest
Buchten, Tierbestand	8 Buchten (mit je 22 m2) à 20 Mastschweineplätze (MSP)		3 Buchten (44 m2) à 30 MSP	6 Buchten (22 m2) à 17 MSP
Bemerkungen	Einsatz von Bioaktivator (Envistim)	Frühzeitiger Abbruch wegen Gesundheitssanierung des gesamten Institutsschweinebestandes	Einsatz von Drehkurbeln zum Anheben der Gitter. Verzicht auf Bioaktivator.	Neukonzeption der Buchten: 16 m2 Sägemehl, 6 m2 Festfläche, neuer Gittermechanismus

Das Umsetzen des Sägemehlbettes erfolgte anfänglich in zwei Arbeitsgängen: Das Kotekkenmaterial wurde jeweils in einem ersten Arbeitsgang mit Traktor und Frontlader verteilt. Beim anschliessenden Durchmischen des Bettes kamen konventionelle Bodenbearbeitungsgeräte zum Einsatz. In den Phasen 3 und 4 wurde in einem Arbeitsgang nur noch horizontal Koteckenmaterial mit trockenerem Material vermischt. Auf den Einsatz eines Bioaktivators wurde ab der 3. Phase verzichtet , da Versuche im Labormasstab keine signifikanten Einflüsse auf die Temperaturentwicklung im Bett zeigten (MEIER 1994).

Kernstück des Systems sind die beweglichen Buchtenunterteilungen. Es gilt, die Tiere kurzfristig aus dem Arbeitsbereich der Umsetzmaschinen zu verlagern, ohne die Gruppenzusammensetzung zu verändern. Das Buchtenkonzept wurde gemäss den Erfahrungen aus den

vorhergehenden Versuchsphasen für die Phase 4 grundlegend geändert. Das Anheben der Gitter, welches für das Abdrehen über das unebene Tiefstreubett notwendig ist, wird mittels Gegengewichten erleichtert. Die Tiere können jetzt zum Umsetzen auf die permanent begehbare Festfläche gesperrt werden (Abb. 2).

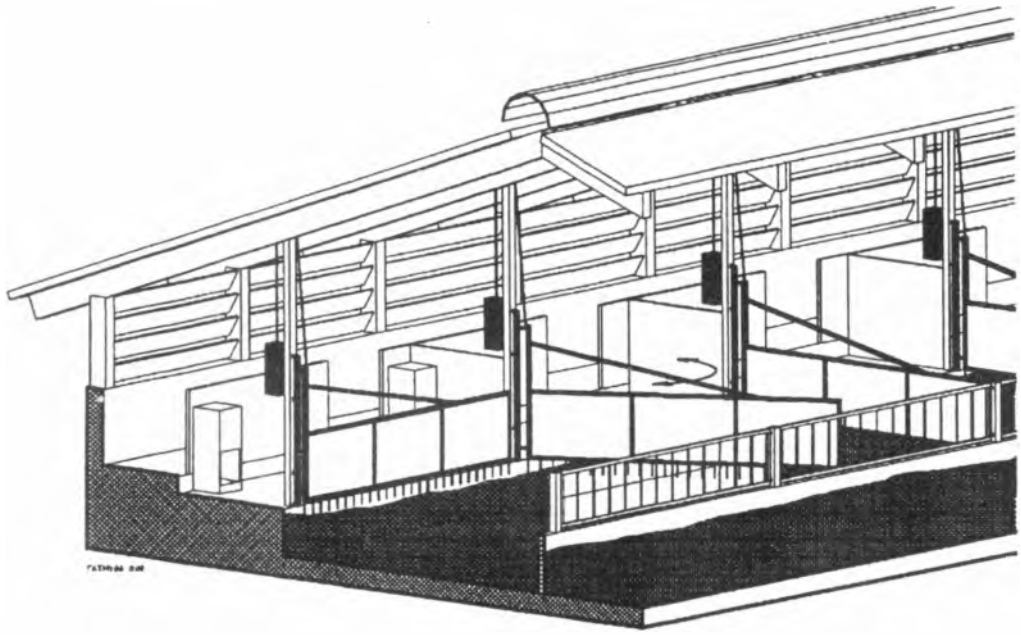


Abb. 2. Schnitt Versuchsstall (Situation Phase 4)
Die schwenkbaren Buchtenabtrennungen lassen sich mittels Gegengewicht leichter anheben und schwenken.

4 Ergebnisse

Mit den Ergebnissen der ersten zwei Versuchsphasen waren die folgenden Aussagen zulässig (KAUFMANN 1994):

- Funktion in einem natürlich belüfteten, knapp isolierten Gebäude gegeben.
- Tiefere Investitionen und Betriebskosten als ein konventioneller Teilspaltenbodenstall. Unterschied begründet in Gülletechnik und -lagerung.
- Sägemehl in technologischen Eigenschaften Hackschnitzel überlegen. Auch Stroh bietet keine weiteren Vorteile (NICKS 1994) und ist nach schweizerischen Preisrelationen rund fünfmal teurer.
- Biologische Aktivität wenig von Art des Bodenbearbeitungsgerätes abhängig.
- Bettiefe von 45 bis 50 cm ausreichend.
- Einsatz von Bioaktivator ohne Einfluss auf Temperaturentwicklung.

Durch den Uebergang zu Doppelbuchten und nur noch vierzehntägliches Umsetzung reduzierte sich der Arbeitsbedarf erheblich und lag mit 3,96 AK-Min pro Mastschwein im Bereich des konventionellen Teilspaltenbodens (Tab. 2). Die Ausdehnung der Buchtengrösse brachte den Nachteil mit, dass die biologischen Prozesse nicht mehr so einfach zu steuern waren. Dies drückte sich unter anderem in einer Verdoppelung des Sägemehlverbrauchs auf 1,29 kg Sägemehl/kg Zuwachs aus. Die beweglichen Abtrenngitter konnten mittels Drehkurbel angehoben werden. Dieser Mechanismus hat sich für die schweren Gitter mit grosser Hebelwirkung und der häufigen Betätigung als untauglich erwiesen.

Tab. 2. Technische Daten und Leistungen

		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
Versuchsdaten					
Beginn		15.02.93	9.11.93	26.05.94	3.07.95
Dauer	Tage	266	16.03.94	301	362
Tiere im Versuch	Anzahl	466	322	356	483
Leistungen					
Einstallgewicht	kg	32	42,2	35,2	36,6
Ausstallgewicht	kg	92,9	75,9	96,1	89,2
Zunahmen	g/Tag	**821**	**802**	**818**	**794**
Futterverwertung	kg/kg	**2,77**	**2,8**	**2,57**	**2,7**
Arbeitszeitbedarf					
pro Umsetzvorgang, Tier	AKMin	**0,82**	**0,82**	**0,66**	**0,45**
pro Mastschwein, Umtrieb	AKMin	**10,66**	**10,66**	**3,96**	**3,14**
Sägemehlbedarf					
pro Mastschwein	kg	**43,9**	**43,9**	**78,4**	**58,9**
pro kg Zuwachs	kg	**0,58**	**0,58**	**1,29**	**1,18**

Die zweiwöchentliche Umsetzung (Minimalbearbeitung) des Bettes in Phase 4 hat gegenüber dem wöchentlichen Bearbeiten (Intensivbearbeitung) keinen signifikanten Einfluss auf die biologischen Prozesse gehabt. Weder war die Temperaturentwicklung im Bett gesichert höher (Abb. 3) noch haben Reifetests eine bessere Pflanzenverträglichkeit gezeigt. Aus ergonomischer Sicht hat sich dieses System bewährt. Die Gitter waren mit Ausnahme der ersten Losreisskräfte von Hand leicht anzuheben und zu bewegen. Der Arbeitszeitbedarf konnte sowohl pro Umsetzaktivität als auch bezogen auf ein Mastschwein nochmals signifikant reduziert werden (Tab. 2). Der angebotene Festboden verursachte keinen zusätzlichen Reinigungsaufwand. Der Vergleich mit dem System Teilspaltenboden zeigt auf, dass der Arbeitsaufwand im Bereich Entmistung (einschliesslich Ausräumen des Stalles) sogar tiefer liegt (Abb. 4).

Der Sägemehlbedarf konnte zwar gegenüber dem bezüglich Pflege ungünstigen Doppelbuchtsystem in Phase 3 leicht gesenkt werden, lag aber dennoch deutlich über den Werten aus

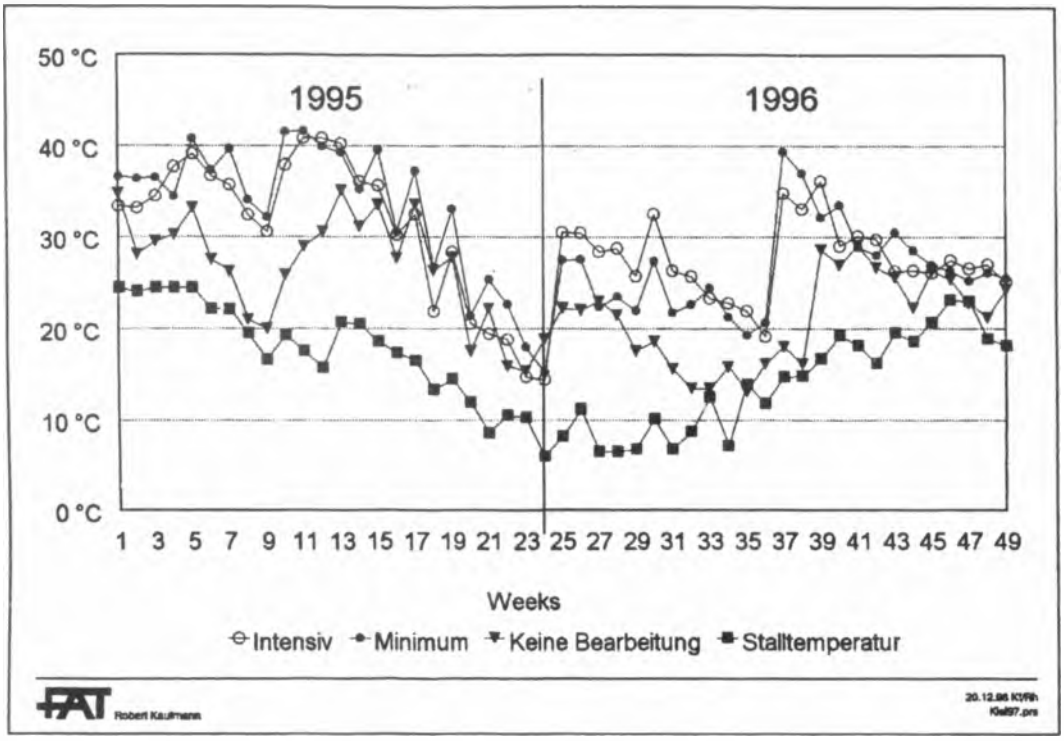


Abb. 3: Bettemperatur bei verschiedenen Umsetzintensitäten
Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Temperaturkurven festgestellt werden.

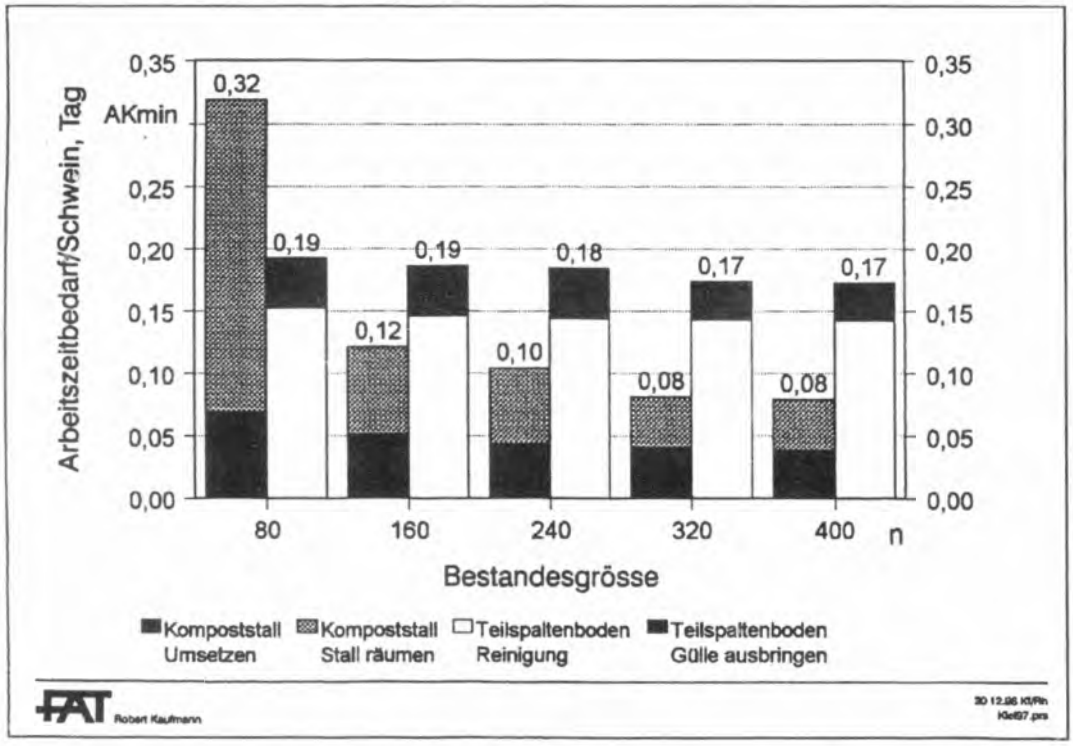


Abb. 4: Arbeitszeitbedarf für Entmistung im Stall und Ausbringung der Hofdünger. Die Arbeitszeit beim Kompostsystem ist deutlich tiefer als beim Teilspaltenboden.

den ersten Versuchsphasen (Tab. 2). Die Begründung liegt im konsequenten Wechsel des Bettes nach sechs Monaten aus versuchstechnischen Gründen. Bei günstigen Stalltemperaturen in der Endphase könnte das Material durchaus länger im Stall verbleiben. In allen Versuchsphasen konnten überdurchschnittliche Mastleistungen erzielt werden (Tab. 2).

5 Schlussfolgerungen

Das nun entwickelte Kompoststallsystem kann aus arbeits- und betriebswirtschaftlicher Sicht mit dem Teilspaltenboden konkurrieren, unter Verzicht auf Spezialgeräte und mit Berücksichtigung hoher ergonomischer Anforderungen. In dieser technischen Ausführung könnte es mit wenigen Modifikationen direkt für den Praxiseinsatz empfohlen werden. Die Kenntnisse für eine Optimierung der Prozesssteuerung wurden verbessert: optimale Sägemehltiefe 45 bis 50 cm, Sägemehl besser als Hackschnitzel oder Stroh, horizontale Kotverteilung wichtiger als intensive vertikale Mischung, zweiwöchentliches Umsetzen ausreichend, Sägemehlverbrauch zirka 1,0 kg/kg Zuwachs.

Die Erfahrung zeigt, dass in diesem Aufstallungssystem in Kombination mit einem schwach isolierten und natürlich belüfteten Stall überdurschnittliche Mastleistungen erzielbar sind. Dieses System eignet sich deshalb besonders für das Umfunktionieren von Altgebäuden. Als Vorteile des Systems haben sich bestätigt: vollständig güllenfreie Schweinehaltung, Reduktion der Hofdüngermenge durch die biologischen Prozesse (Wasserverdunstung), tierfreundliche Aufstallung, Geruchsreduktion. Dem stehen gewisse hygienische Bedenken und die relativ schlechte N-Effizienz des Gesamtsystems gegenüber.

7 Literatur

KAUFMANN R., MEIER U., VAN CANEGEM L., WEBER R. (1992): How does deep liter fermentation system work in open front pig houses? In: Proceedings workshop deep litter system for pig farming, Rosmalen, 21./22. 9. 92.

KAUFMANN R. (1994): Kompoststall für Maschweine - eine Zwischenbilanz aus verfahrenstechnischer Sicht, FAT-Bericht Nr. 450, Tänikon.

MEIER U. (1994): Untersuchungen über den Einsatz eines Bioaktivators (Envistim) in der Mastschweinehaltung auf Tiefstreukompost. Interner Bericht. FAT, Tänikon.

MENZI H. et al. (1994): Hofdüngernormen. In "Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau". LBL. Lindau.

NICKS B. (1994): Comparaison de l'évolution de 2 litières biomaîtrisées à base de sciur ou de paille, pour porcs à l'engraissement. Ann. Méd. 138, p 43-53.

VERMEULEN G.D. (1992): Feasibility of alternative mechanisation methods for litter bed tillage operations. In Proceedings workshop deep litter systems for pig faming. Research Institute for Pig Husbandry. Rosmalen.

Sensorsysteme für automatische Melksysteme (AMS)

ARTMANN, RUDOLF

Institut für Betriebstechnik, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig - Völkenrode (FAL), Bundesalle 50, 38116 Braunschweig

1 Einleitung

Von automatischen Melksystemen wird eine Steigerung der Milchleistung und Senkung des Arbeitseinsatzes sowie der Arbeitsbelastung in der Milchviehhaltung erwartet. Ihr Einsatz führt zum Abbau sozialer Härten in Milchviehbetrieben, da sie die Bindung des Menschen an die täglich zwei bis drei Melkzeiten auflösen. Mehr Freizeit, Wochenenden ohne Melkarbeit, weniger Probleme bei Erkrankungen des Personals, endlich auch Urlaub für Milchviehhalter und vieles mehr sind die arbeitswirtschaftlichen Hoffnungen in diese neue Technologie (ARTMANN, 1994a). Die Erfüllung dieser Erwartungen setzt voraus, daß das automatisierte Melksystem (AMS) künftig „bedienungsfei" arbeitet, d. h. keine ständige Anwesenheit zur Überwachung und ggf. für manuelle Eingriffe erfordert.

Sensoren und Sensorsysteme haben die Aufgabe, alle für die Steuerung, Regelung oder Kontrolle des Prozesses unverzichtbaren Größen zu erfassen und bereitzustellen. Dies bedeutet zum einen, daß zumindest all die Daten aufzunehmen sind, die für die Steuerung der verschiedenen Teilprozesse des Melkens erforderlich sind, und zum anderen, daß anhand der erfaßten Daten und deren Verrechnung eine effiziente und sichere Handhabung des Melkprozesses möglich sein muß.

In diesem Beitrag wird zunächst der Verfahrensablauf mit zugeordneten Aufgaben des Sensorsystems dargestellt, bevor auf die eingesetzten Sensorsysteme für Tiererkennung, Tier- und Produktüberwachung und die eigentliche Zitzenfindung eingegangen wird.

2 Verfahrensablauf bei AMS und Einsatzbereiche für die Sensorik

In Tabelle 1 sind die einzelnen Verfahrensschritte, die für ein automatisches Melken nacheinander zu durchlaufen sind, untereinander aufgelistet. Lediglich der letzte Verfahrensschritt, die Kontrolle der Aktionen und der technischen Einrichtungen, ist ein den gesamten Vorgang begleitender Prozeß. Die Reihfolge der Verfahrensschritte ist generell abhängig von der tatsächlichen technischen Ausprägung des AMS. Daher können im Einzelfall Verschiebungen oder Zusammenlegungen von Vorgängen auftreten.

3 Sensorsysteme für bestimmte Aufgabenbereiche

3.1 Überwachung von Tiergesundheit und Produktqualität

Für AMS ist eine elektronische **Tiererkennung** unverzichtbare Voraussetzung (ARTMANN, 1994b). Ebenso ist eine gewisse Automatisierung der Tierüberwachung und Prüfung der Milch durch die Milchhygieneverordnung (ANONYM, 1989) zwingend erforderlich. Tiergesundheit, Euterbeschaffenheit (Verschmutzung, Schwellungen, Verletzungen) und Produktqualität müssen in AMS online bewertbar sein.

Tab. 1: Ablauf und Aufgaben des Informationssystems beim automatischen Melken

Verfahrens-abschnitte	Aufgaben		
	Erfassung	**Auswertung**	**Handlung**
Zutrieb zum Melkplatz	Tiernummer	melkbereit, melkbar, gesund	sortieren
Standraum begrenzen	Tiernummer	Platzbedarf	einsperren, einengen
Kuhposition ermitteln	Längs- und Seitenabstand des Tieres von den Begrenzungen	Grobposition des Euters bestimmen	System zur Euterinspektion und Zitzenfindung einfahren
Melkvorbereitung	Euterzustand	melkbar, reinigbar	reinigen, ggf. abbrechen
Füttern	Tiernummer	Futterart, -menge	dosieren
Zitzen finden	Raumkoordinaten der Zitzenspitzen	Fahrweg des Ansetzsystems	ansetzen, stimulieren
Milchqualität prüfen	Qualitätsbestimmende Parameter, z. B. Leitfähigkeit, Temperatur	Milch in Ordnung, Tier gesund	Milchtransportweg festlegen
Melken	Milchfluß, Vakuum, Pulsation, Milchparameter	optimale Melkparameter, Melkunterbrechung oder -ende	Melkmaschine steuern, ggf. erneut ansetzen, Abnahme einleiten
Nachbehandlung	Raumkoordinaten der Zitzenspitzen	Fahrweg des Ansetzsystems	dippen
Melkplatz verlassen	Anwesenheitskontrolle	Belegung, Zwischenreinigung erforderlich	Technik steuern und vorbereiten
Kontrolle der Aktionen und der Einrichtungen	Weg, Abstand, Bereich, vorhanden/fehlt, offen/geschlossen usw.	alles korrekt, Aktionen ordnungsgemäß ausgeführt,	Fehlerbehandlung, Alarmierung

Für die Erkennung „ansteckender ... Krankheiten" sind derzeit keine Sensoren verfügbar, daher ist die manuelle Überwachung und ggf. Eingabe in den Computer erforderlich. Zur Überwachung des „allgemeinen Gesundheitszustandes", von „Fieber" und eingeschränkt von „Entzündungen des Euters" sowie „Wunden am Euter" gibt es jedoch technische Hilfsmittel. Diese können in zwei Gruppen unterteilt werden:

1. Systeme mit direkter Messung relevanter Parameter und
2. Systeme mit Ableitung der Aussage aus Verhaltens- und Leistungsdaten.

Zur *ersten Gruppe* zählen vor allen Temperatursensoren, eingesetzt zur Messung der Körper- oder Milchtemperatur, Sensorsysteme zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch und prinzipiell auch bildverarbeitende Systeme. Die Temperatur, direkt (im Körper), indirekt (z. B. in der Milch) oder an der Oberfläche gemessen, zeigt Fieber und damit den allgemeinen Gesundheitszustand an. Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Indikator für Mastitis, die wichtigste Erkrankung des Euters (MAATJE ET AL., 1992; SCHLÜNSEN und BAUER, 1992; VEGRICHT ET AL., 1992).

Inwieweit bildverarbeitende Systeme (Grau-, Farb- oder Spektralbilder) erfolgversprechend und kostengünstig einzusetzen sind, bedarf der intensiver Überprüfung. Variierende Euterfärbung und -behaarung sowie die Variabilität des Euters selbst erschweren die Erfolgsaussichten. Problemeuter sind äußerlich durch Farb- und Formveränderungen erkennbar. Bildverarbeitungssysteme, die farbliche und morphologische Veränderungen erfassen, könnten wertvolle Hilfen sein. Die praktische Eignung muß jedoch erst noch nachgewiesen werden.

Die *zweite Gruppe* nutzt Daten, die z. B. für Zwecke der Reproduktionsüberwachung oder Produktionssteuerung erfaßt wurden. Auswertungen von Zeitreihen z. B. über Aktivität, Freßhäufigkeit und -menge, Milchleistung oder Lebendmasse können auf Störungen im Wohlbefinden hinweisen und ggf. ein Separieren der Milch oder eine Einzelbehandlung des Tieres anzeigen. Die Anwendung neuerer Entwicklungen wie Fuzzy-Logik, neuronale Netze und Exper-

tensysteme lassen eine zuverlässigere und umfassendere Aussage zum Gesundheitsstatus anhand dieser relativ „weichen" Daten erwarten (HOGEVEEN, 1994).

3.2 Lokalisierung der Zitzen

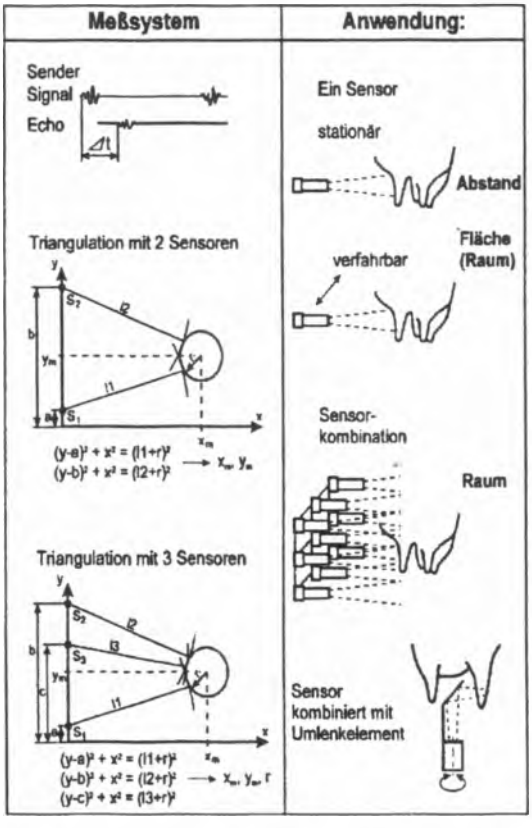
Die besondere Anforderung bei AMS besteht darin, daß am Tier in Echtzeit gemessen werden muß. Dabei ist zu beachten, daß die Zitzenlage von Tier zu Tier, aber auch beim selben Tier bei aufeinanderfolgenden Melkzeiten sehr verschieden sein kann (BONNEAU ET AL., 1989).

3.2.1 Anforderungen und prinzipielle Meßverfahren

Eine Sensorik zur Zitzenfindung sollte folgende Anforderungen erfüllen:
1. Die Raumkoordinaten müssen so genau und schnell bestimmbar sein, daß der Ansetzvorgang zum Erfolg führt.
2. Eingriffe in das Tier (Implantate etc.) sollten nicht erforderlich sein.
3. Eine Tierberührung während der Zitzenfindung sollte nicht erfolgen, um Tierbewegungen nicht zu provozieren.
4. Das Sensorsystem muß einfach handhabbar und für die besonderen Umweltbedingungen am Einsatzort geeignet, robust, zuverlässig und preisgünstig sein.

Diesen Anforderungen entsprechend kommen nur berührungslos arbeitende Sensorsysteme für diese Anwendung in Frage. Dabei kann die Zitzenposition aus einer Folge von Abstandsmessungen oder durch Auswertung einer Bildszene erfolgen. Sensorsysteme auf Ultraschallbasis bzw. optische Meßverfahren scheinen für diesen Einsatzzweck besonders geeignet zu sein.

Ultraschallbasierende Verfahren



Ultraschallsensoren (ARTMANN ET AL., 1990; FU ET AL., 1987) werden in AMS in Verbindung mit dem Laufzeitmeßprinzip eingesetzt, Abbildung 1. Zur Bestimmung der Entfernung eines Objektes ermittelt man die Laufzeit zwischen Aussendung und Empfang eines am Objekt reflektierten Wellenpaketes. Die Laufzeit ist proportional der Wegstrecke Sender-Objekt-Empfänger. Mit dem Laufzeitverfahren ist es auch möglich, mehrere hintereinander liegende Objekte, die zum Empfänger reflektieren, zu erfassen.

Für die Positionserfassung einer Zitze reicht die Abstandsmessung von einem Ausgangspunkt nicht aus. Vielmehr muß die Zitze mit ihren X- und Y-Koordinaten, besser auch noch zusätzlich mit ihrer Z-Koordinate, gefunden werden. Dazu ist die Messung von verschiedenen Ausgangspunkten aus erforderlich. Für die zweidimensionale Koordinatenerfassung eines runden Objektes, gemessen aus zwei bzw. drei Positionen, sind die geometrischen Beziehungen und die zugehörigen Triangulationsformeln dargestellt. Muß bei zwei Meßpunkten noch eine Annahme über den Durchmesser des Meßobjektes gemacht werden, kann dieser bei Messung aus drei Positionen berechnet werden.

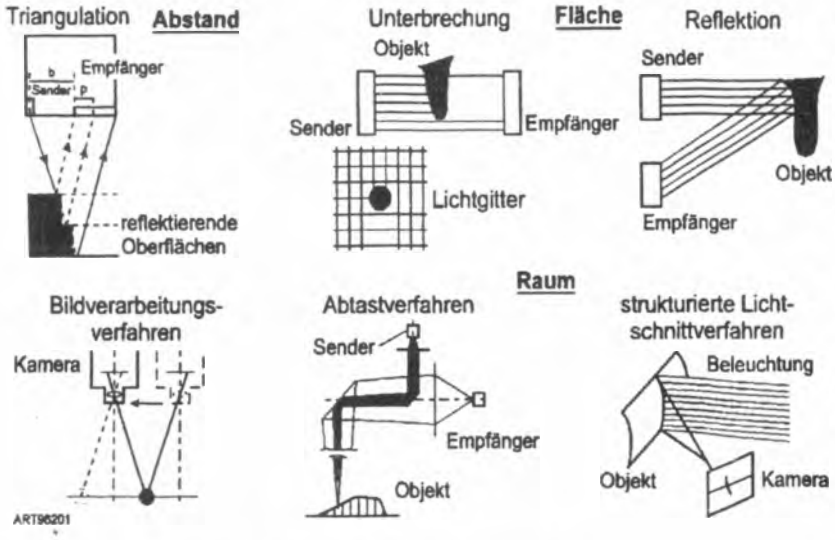
Abb. 1: Zitzenfindung mit Ultraschallsensoren

Wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt, kann die Messung aus unterschiedlichen Positionen durch Verfahren eines Ultraschalltransceivers oder durch Anordnung mehrerer Ultraschalltransceiver in einer Zeile bzw. in mehreren Zeilen (Array) oder aber auch durch Kombination eines Ultraschallsensors mit einer Umlenkeinheit erfolgen.

Bei einem Einzelsensor sind zur Triangulation zwei Messungen aus unterschiedlichen Positionen erforderlich. Werden zwei, in einem definierten Abstand zueinander stehende Sensoren so ausgerichtet, daß deren Schallkeulen sich im Meßbereich überlagern, ist die Triangulation unmittelbar durchführbar. Durch den Einsatz von mehr als zwei Sensoren und deren Anordnung in einer Zeile oder als Array können einerseits ein größerer Bereich ohne Verfahren des Sensorsystems erfaßt und zudem die Sicherheit der Zitzenfindung verbessert werden. Die Sicherheit steigt, weil der Abstand zu einem Objekt aus verschiedenen Winkeln und mehrfach gemessen wird. Wird die Schallkeule durch einen rotierenden Siegel umgelenkt, können mit einem Sensor die Abstände zu im Umkreis liegenden Objekten erfaßt werden.

Optische Verfahren

Optische Meßverfahren (ARTMANN ET AL., 1990; ARTMANN, 1996) gewinnen in der Automatisierung aufgrund ständig wachsender Anforderungen an die Genauigkeit an Bedeutung. Neben der Positionsbestimmung bieten sie zudem oft die Möglichkeit, Informationen über Farbe, Gestalt und Oberflächenbeschaffenheit zu liefern.



Einige Meßverfahren sind in Abbildung 2 dargestellt. Sie lassen sich in Systeme zur Abstands-, Flächen- und Raumabtastung unterteilen.

Beim **Triangulationsverfahren** besteht der Sender meist aus einer Lichtquelle, die einen punktförmigen Lichtstrahl erzeugt, und der Empfänger aus einer Optik mit nachgeschaltetem lichtempfindlichen Positionsdetektor, z. B. einer Fotodiodenzeile.

Abb. 2: Beispiele für optische Meßverfahren

Innerhalb des konstruktionsbedingten Meßbereiches (abhängig von Länge des Detektors, Brennweite der Optik und Basismaß zwischen Lichtquelle und Optikzentrum) trifft der vom Objekt reflektierte Laserstrahl auf den Positionsdetektor. Unterschiedliche Abstände führen zu unterschiedlichen Einfallswinkeln des reflektierten Lichtes und aufgrund der Optik zu einer Verschiebung des Auftreffpunktes des Lichtes auf der Detektor. Da Basisabstand sowie Lichtabstrahlwinkel bekannt sind und mit Hilfe des Fotodetektors der Lichteinfallswinkel ermittelt werden kann, ist durch Triangulation der Abstand zum Objekt leicht berechenbar. Prinzipiell sind mit dieser Methode Abstände bis 20 m, allerdings bei abnehmender Auflösung, erfaßbar (HIPPLER, 1988).

Lichtgitter setzen sich aus einzelnen Lichtschranken zusammen. Einer Lichtquelle liegt ein lichtempfindlicher Sensor (z. B. Fototransistoren) gegenüber. Die Aneinanderreihung und meist kreuzweise Anordnung der Lichtschranken, ergibt das Lichtgitter. Je näher die Lichtschranken beieinander liegen, um so höher ist die flächenhafte Auflösung (BERGEROT ET AL., 1989). Ein in das Lichtgitter gebrachtes Objekt (z. B. eine Zitze) unterbricht bestimmte Licht-

strahlen. Die Lage und der Durchmesser des Objektes kann so zweidimensional bestimmen werden.

Stereoskopische Verfahren setzen die Aufnahme einer Bildszene aus zwei Positionen voraus. Dies kann mit einer Kamera erreicht werden, indem nach der ersten Aufnahme diese um eine definierte Distanz parallel verschoben und von der neuen Position aus die zweite Aufnahme ausgelöst wird oder mit zwei Kameras, die einen definierten Abstand zueinander haben. Bei bewegten Objekten (Kuh) ist der zweiten Methode vorteilhafter. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Verwendung stereoskopischer Verfahren in AMS dürfte die schnelle und zuverlässige Lösung des Korrespondenzproblems sein. Dazu müssen aus den zwei Bildern der gleichen Szene korrespondierende Punkte gefunden werden (FU ET AL., 1987; XU und ANES-HANSLEY, 1991).

Das Korrespondenzproblem tritt bei **Lichtschnittverfahren** nicht auf. Eine punktförmige Lichtquelle wird mit einer Zylinderlinse zu einer Lichtebene aufgeweitet und auf das Objekt gerichtet. Mit einer im bestimmten Abstand zur Lichtquelle angeordneten Matrixkamera wird das Lichtband an der Objektoberfläche aufgenommen. Der Verlauf steht in eindeutiger Beziehung zum Profil der Oberfläche. Das Lichtschnittverfahren kann als simultane Durchführung einer Vielzahl von Abstandsmessungen nach dem Triangulationsverfahren aufgefaßt werden (HANTEL, 1988).

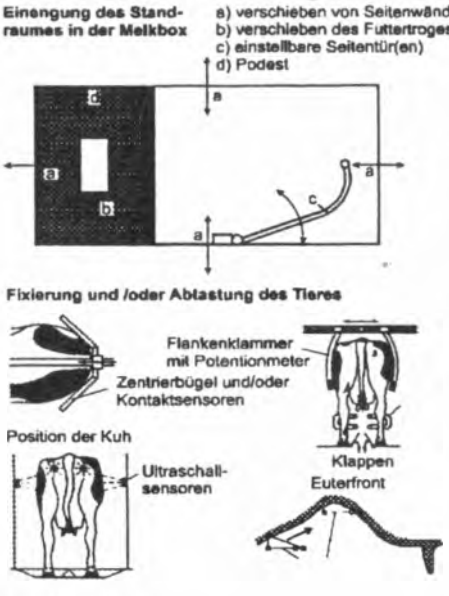
Bei der **Scanner-Methode** wird ein Lichtstrahl über Spiegel auf eine vorgegebene Fläche umgelenkt und aus der aktuellen Stellung der Spiegel sowie dem reflektiertem Licht die Kontur des Objekts berechnet. Am bekanntesten dürfte der Einsatz von Scannern an Ladenkassen zur Ablesung des Barkodes sein.

3.2.2 Realisierte Sensorsysteme

In den bekannten AMS erfolgt die Zitzenfindung meist in drei Schritten:
1. der Bewegungsraum für die Kuh wird eingeengt,
2. die Position der Kuh (des Euters) ggf. auch eine Grobposition der Zitzen wird ermittelt und
3. die genaue Zitzenlage wird gemessen.

Begrenzung des Bewegungsraumes der Kuh

In einem AMS wird die zu melkende Kuh in einer Melkbox eingesperrt. Die erste Maßnahme zur Positionsbestimmung ist die Identifikation des in der Box befindlichen Tieres. Anhand der Tiernummer kann mit Hilfe gespeicherter Daten über die Maße dieses Tieres, der Bewegungsraum eingeschräkt werden. In Abbildung 3 sind verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, durch mechanische Maßnahmen sowie durch Standgestaltung, die Stellung der Kuh in der Box einzuengen, um damit die Lage des Euters in etwa vorhersagen zu können (VAN DER LINDE und LUBBERINK, 1992; ROSSING, 1994; STREET ET AL., 1992).



Grobposition bestimmen

Nachdem die Kuh eingeengt ist, dient die Findung der Grobposition der bestmöglichen Platzierung des Sensorsystems für die eigentliche Zitzenfindung. Dazu werden tastende oder kontaktlos messende Sensorsysteme eingesetzt. Durch ständige Überprüfung der Grobposition kann das Handhabungssystem langsamen Bewegungen der Kuh folgen.

Abb. 3: Alternativen für die Bestimmung der Kuhposition in der Melkbox

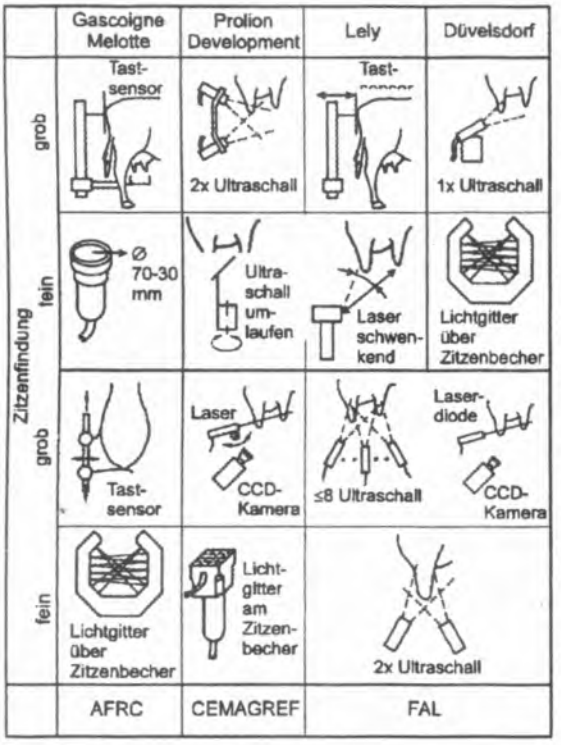
Bei *tastenden Systemen* wird eine direkte Verbindung mit der Kuh hergestellt. Das Tastsystem folgt der Kuhbewegung in Längs- (z. B. Kontaktplatte) oder in Längs- und Querrichtung (Flankenklammer).

Eine *kontaktlose Messung* der Kuhposition ist mit seitlich und an der Rückseite der Melkbox oder auf dem Handhabungssystem angebrachten US-Sensoren möglich. Dabei wird der relative Abstand zur Kuh bzw. zur Zitze erfaßt. Statt der Position des Tieres kann auch die Position des Euters erfaßt werden (ORDOLFF, 1984).

Lokalisierung der Zitzen

Die exakte Messung der Zitzenposition erfolgt mit Lichtgitterarrays, US-Sensoren, Lasermeßsystem oder Bildverarbeitungssystemen (ARTMANN, 1996). In Abbildung 4 sind für eine bessere Zuordnung der Sensorsysteme zu den verschiedenen AMS neben den Verfahren zur Lokalisierung der Zitzen auch die Methoden zur Grobpositionsfeststellung aufgeführt. Teilweise wird ein Sensorsystem für beide Zwecke benutzt.

Ohne Sensoren zur Feinlokalisierung der Zitzen kommt das AMS von Gascoigne Melotte aus. Es wird vielmehr aus eingegebenen und laufend angepaßten Daten zur Zitzenlage ein Ansetzen dadurch erreicht, daß sich die Zitzenbecher im Modul auf Abstände entsprechend der gespeicherten Werte einstellen. Zur Erleichterung wird die Zitzenbecheröffnung zum Ansetzen erweitert. In Längsachse erfolgt die Einstellung durch eine Abtastplatte, die genutzt wird, um das Handhabungssystem der Kuhlängsbewegung nachzuführen.



Da beim AMS von Prolion der Gesamtroboter der vorderen rechten Zitze (gemessen mittels zweier US-Sensoren) folgt, kann der US-Sensor zur Abstandsmessung zwischen den vier Zitzen so hochgefahren werden. Die über einen Spiegel umgelenkte Schallkeule trifft auf die Zitzen und wird von diesen reflektiert. Während der Rotation werden die Abstände zu den Zitzen gemessen und ausgewertet. Dabei genügt die Bestimmung des relativen Abstandes zum Sensor, um das Modul so positionieren, daß nacheinander die Zitzenbecher angesetzt werden können.

Das von Lely eingesetzte und fest auf den Roboter montierte *Lasermeßsystem* stellt zuerst die Positionen der beiden vorderen Zitzen fest. Sind diese gefunden, positioniert der Roboter das Meßsystem so, daß die beiden hinteren Zitzen lokalisiert werden können. Ist das geschehen, werden die entsprechenden Zitzenbecher angesetzt. Der Roboter fährt zurück, so daß die Vorderzitzen vom Sensorsystem erneut erfaßt werden können.

Abb. 4: Sensorsysteme bei eingesetzten automatischen Melksystemen

Lichtgitterarray werden zur Zitzenlokalisation von Düvelsdorf, AFRC und CEMAGREF genutzt. Wähend das Lichtgitter bei den zuerst genannten Systemen Bestandteil des Handhabungssystems ist, ist es bei der CEMAGREF in die Zitzenbecher integriert. Der Roboter führt dieses Sensorsystem so an die anzusetzende Zitze heran, daß diese in das Lichtgitternetz eintaucht. Bestimmte Lichtstrahlen werden dadurch unterbrochen. Aus der Auswertung der Unterbrechungen lassen sich die Lage der Zitze ermitteln und ein Signal generieren, das geeignet ist, den Roboter so nachzuführen, daß die Zitze zentrisch liegt. Dies ist der Zeitpunkt, durch eine schnelle Vertikalbewegung den Zitzenbecher anzusetzen.

Bildverarbeitungssyteme zur Zitzenfindung nutzen eine Kombination von CCD-Kamera und Laserbeleuchtung, wobei der Laserstrahl über eine Optik zu Lichtflächen aufgeweitet wird. Neben einer stationären Anordnung ist die Anbringung am Handhabungssystem bekannt. Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß durch Verfahren des Roboters und damit des Sensorsystems eine günstige Position für die Messung gefunden werden kann und damit eine größere Flexibilität gegeben ist. Nachteilig ist, daß das Sensorsystem verstärkten Verschmutzungen ausgesetzt ist und im Schlagbereich der Kuh arbeiten muß.

Bei der FAL-Lösung (SCHILLINGMANN, 1992) wird die exakte Zitzenlage durch zwei US-Sensoren aus dem Sensorarray bestimmt, die so angeordnet sind, daß sich bei geeigneter Meßposition die Schallkeulen der beiden Sensoren im Bereich der zu messenden Zitze überschneiden. Durch Triangulation wird die Position berechnet.

Das beim AMS der FAL in Entwicklung befindliche *Bildverarbeitungssystem* ist so ausgelegt, daß es die Position der Zitzen genau genug erfassen kann (ARTMANN ET AL., 1990). Mit einer Kamerabrennweite von f = 8,5 mm und einem Lichtebenenabstand von d = 230 mm läßt sich ein Meßbereich von 250 bis 800 mm einstellen. Im geforderten Meßbereich ist eine Genauigkeit von ± 1 mm auf jeden Fall gewährleistet. Die Wiederholungsrate der Messungen hängt vom optimierten Programmablauf ab. Durchschnittlich werden 10 Messungen/s angestrebt.

4 Zusammenfassung

Automatische Melksysteme sind speziell für mittelgroße Milchviehbetriebe eine hoffnungsvolle Innovation für mehr Lebensqualität. Sie müssen in der Lage sein, Kühe selbständig und ohne dauernde manuelle Kontrolle zu melken. Vom Menschen wahrgenommene Aufgaben müssen durch geeignete Sensorsysteme erledigt werden. Sie sind notwendig für Tiererkennung, Tier- und Produktüberwachung und ganz besonders zur Automatisierung des Arbeitsvorgangs „Ansetzen der Zitzenbecher". Während die Tiererkennung als gelöst betrachtet werden kann, sind für die Tier- und Produktüberwachung Verbesserungen und neue Sensorsysteme zu fordern. Auch die bisherige Technologie zur Zitzenfindung ist noch lange nicht ausgereift und bedarf der Weiterentwicklung bzw. neuer Ansätze. Insbesondere sollten „sehende" Systeme verstärkte Aufmerksamkeit erhalten, da damit ggf. auch Problemkühen Rechnung getragen werden könnte. Auch neue Algorithmen in der Auswertung der Signale (Fuzzy Logik, neuronale Netze, Expertensysteme) müssen stärker berücksichtigt werden.

Insgesamt ist es erfreulich, daß es in einer relativ kurzen Entwicklungszeit gelungen ist, funktions- und marktfähige Systeme zu erstellen. Die raschen Fortschritte in der Elektronik lassen hoffen, daß so manche „Kinderkrankheit" bald geheilt werden kann.

5 Literatur

ANONYM (1989): Verordnung über Hygiene- und Qualitätsanforderungen an das Gewinnen, Behandeln und Inverkehrbringen der Milch (Milchverordnung vom 23. Juni 1989)

ARTMANN, R. (1994a): Entwicklungsstand automatisierter Melksysteme, Landtechnik 49, S. 212-214

ARTMANN, R. (1994b): Tiererkennungssysteme - Stand der Normung, Landtechnik 49, S. 36-38

ARTMANN, R. (1996): Sensor systems for milking robots, Computer and Electronics, im Druck

ARTMANN, R.; D. SCHILLINGMANN, G. KRÖGER UND B. BOLLMANN (1990): Lokalisierung der Zitzenposition mittels Ultraschall und Bildverarbeitungssystem, Robotereinsatz in der Landwirtschaft am Beispiel des Melkens, VDI/MEG Kolloquium 9, S. 126-152

BERGEROT, P., P. BAYLOU UND D. ORDOLFF (1989): Systeme de pose automatique de gobelets trayeurs, Agrotique 89 proceedings of the second international conference, Bordeaux, S. 317-330

BONNEAU, D., J.B. MONTALESCOT, D. MECHINEAU, G. CAMUS UND J.L. VIGNEAU (1989): Robot de traite, Agrotique 89, proceedings of the second international conference, Bordeaux, S. 349-360

FU, K.S., R.G. GONZALES UND C.S.G. LEE (1987): Robotics: Control, sensoring, vision and intelligences, McGraw-Hill, New York

HANTEL, P. (1988): Automatisierte Bilderkennung und -verarbeitung in der Fertigungsmeßtechnik - Aufbau, Stand und Entwicklungstendenzen, FhG-IPT, Aachen, 21 S.

HIPPLER, H.-P. (1988): Abstands- und Positionsmessung mit Laserlicht, Kontrolle 9, S. 16-17

HOGEVEEN, H. (1994): Knoledge-based methods for automated mastitis diagnosis on dairy farms, Dissertation Utrecht

LINDE, VAN DER UND J. LUBBERINK (1992): Robotic milking system (RMS): design and performance, Prospects for automatic milking, EAAP Publication No. 65, S. 55-62

MAATJE, K., P.J.M. HUIJSMANS, W. ROSSING UND P.H. HOGEWERF (1992): The efficacy of inline reasurements of quarter milk electrical conductivity, milk yield and milk temperature fort the detection of clinical and subclinical mastitis, Lifestock Production Science 30, S. 239-249

ORDOLFF, D. (1984): A system for automatic teat cup attachment, J. agric. Engng Res. 30 (1), S. 65-70

ROSSING, W. (1994): Melkroboter in der Praxis, milchpraxis 32, S. 192-195

SCHILLINGMANN, D. (1992): Untersuchungen zum robotergestützten Melken, Fortschritts-Berichte VDI Reihe 14: Landtechnik/Lebensmitteltechnik Nr. 59, S. 1-201

SCHLÜNSEN, D. UND R. BAUER (1992): Investigations on the suitability of different milk parameters for the early detection of mastitis, and implications for automated monitoring, Prospects for automatic milking, EAAP Publication No. 65, S. 141-147

STREET, M.J., R.C. HALL, D.S. SPENCER, A.L. WILKIN, T.T. MOTTRAM UND C.J. ALLEN (1992): Design features of the Silsoe automatic milking system, Prospects for automatic milking, EAAP Publication No. 65, S. 40-48

VEGRICHT, I., P. AMBROZ UND A. MACHALEK (1992): Measuring milk conductivity and temperature during milking, Prospects for automatic milking, EAAP Publication No. 65, S. 134-140

XU, B. UND D. ANESHANSLEY (1991): A vision-guided automatic dairy cow's teat-cup attachment system, ASAE-Paper No 913513

Automatisierung der Trächtigkeitsdiagnose mittels Ultraschall an Sauen

BICHMANN, MATHIAS UND HERMANN J. HEEGE

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

1 Einleitung

In der Ferkelproduktion ist die Tierkontrolle, insbesondere die Überwachung des Zyklusgeschehens, von erheblicher Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit. Bei Gruppenhaltung von Sauen wird diese Tätigkeit z. T. stark erschwert, so daß hier Automatisierungen sinnvoll sind.

Langfristiges Ziel ist dabei die rechnergesteuerte Überwachung des Produktionszyklus, als dessen Teilbereich die Automatisierung der Trächtigkeitsdiagnose anzusehen ist.

Die Frage nach der Automatisierbarkeit eines Trächtigkeits-Diagnoseverfahrens ist in Abhängigkeit von Tierschutzrelevanz, Ökonomie und Praktikabilität zu beantworten. Von den bekannten laboranalytischen und klinischen Verfahren (WALDMANN, 1984) der Trächtigkeitsdiagnose sind nur die nicht invasiven Ultraschall-Diagnoseverfahren und hierbei besonders das A-Scan Verfahren nach dem Impuls-Echo-Prinzip für eine Automatisierung geeignet.

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung eines Merkmalserfassungs- und Meßprinzips bis zum Bau eines Prototyps für die automatische Trächtigkeitsdiagnose.

2 Die manuelle Ultraschall-Trächtigkeitsdiagnose

Das Diagnoseverfahren beruht auf der Reflexion von Ultraschallwellen von den Fruchtblasen im Uterus einer Sau, der während der Frühträchtigkeit von der Höhe des Beckens auf die Bauchdecke absinkt. Abbildung 1 verdeutlicht diesen Vorgang.

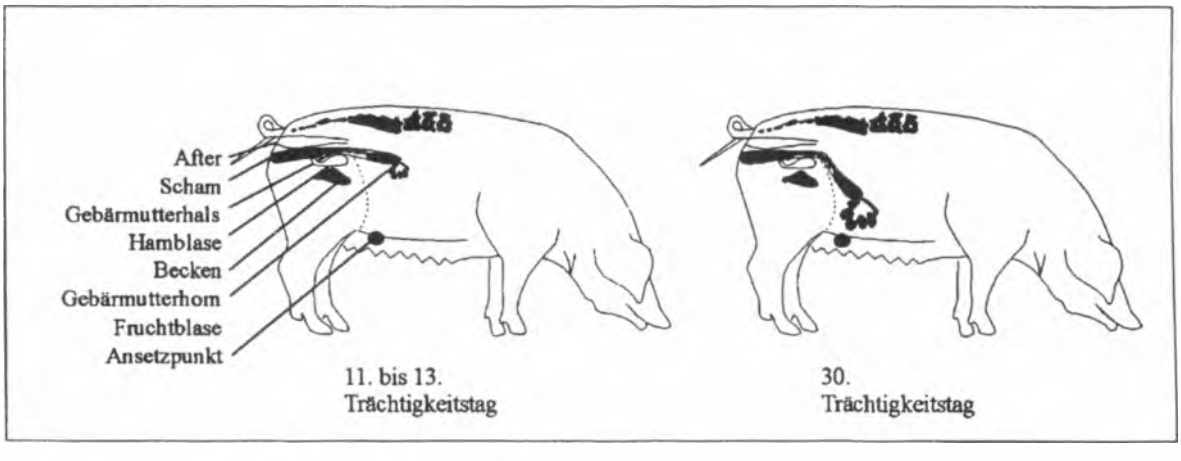


Abb. 1: Verlagerung des Uterus während der Frühträchtigkeit

Durch das Anpeilen einer Fruchtblase mit einem A-Scan-Ultraschallgerät ab dem 30. Trächtigkeitstag können nahezu alle Sauen korrekt auf Trächtigkeit klassifiziert werden (ALMOND ET AL., 1985; HOLTZ ET AL, 1978)

Aus der Abbildung geht hervor, an welcher Stelle des Tierkörpers der Ultraschallkopf angesetzt werden muß. Dieser Punkt liegt ca. 10 cm vor dem rechten Hinterlauf mittig zwischen Kniefalte und Gesäuge. Der Schallkopf muß bei der Messung rücken- und kopfwärts geneigt sein, um ein Anpeilen der Harnblase zu vermeiden. Während der Beschallung ist die Schallrichtung durch Neigen des Schallkopfes zu verändern, um einen Schallkegel im Tierkörper aufzuspannen und so den Suchbereich zu vergrößern. In Abbildung 2 sind diese Bewegungen schematisch dargestellt.

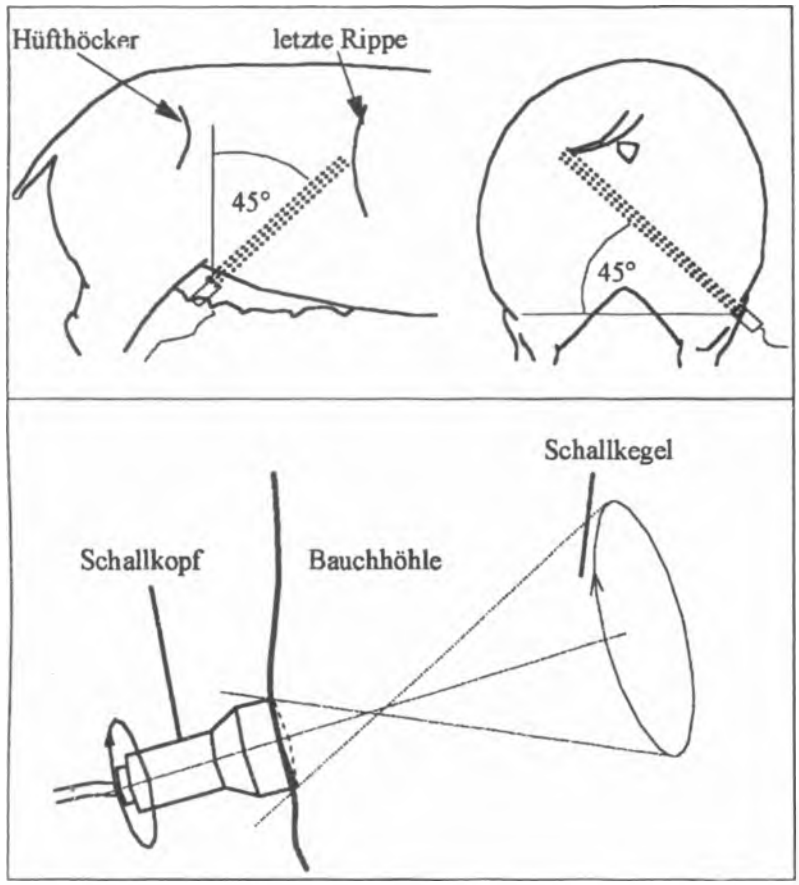


Abb. 2: Schallkopfansatz und- rotation

3 Merkmale für den automatischen Schallkopfansatz

Die zentrale Fragestellung der Automatisierung ist in der korrekten automatischen Positionierung des Schallkopfes zu sehen. Im Unterschied zum Melkroboter bei Milchkühen, bei dem die Zitzen als optische Extrema relativ einfach lokalisiert werden können, ist die Position des Ansetzpunktes für den Ultraschallkopf an Sauen nicht direkt zu erfassen. Daher wurde nach Hilfsmerkmalen der Sauenphysis gesucht, die mit der Position des Ansetzpunk-

tes möglichst hoch korreliert sind. Der Ansetzpunkt war dabei als ein in der Längs- und in der Höhenachse bestimmter Punkt definiert.

Zu diesem Zweck wurde ein Meßstand angefertigt, in dem an 115 Sauen jeweils 62 Körpermaße erfaßt wurden. Durch Betrachtung der Korrelationen einzelner Körpermaße mit der Position des Ansetzpunktes konnten 2 Maße ermittelt werden, die eine hinreichend genaue Schätzung des Ansetzpunktes zulassen. Die Längsposition des Ansetzpunktes kann mit der „Länge des Tierkörpers von Trogkante zu Schinken", seine Höhenposition mit der „maximalen Rückenhöhe des Tieres" geschätzt werden. Die entsprechenden Zusammenhänge sind in Abbildung 3 aufgeführt.

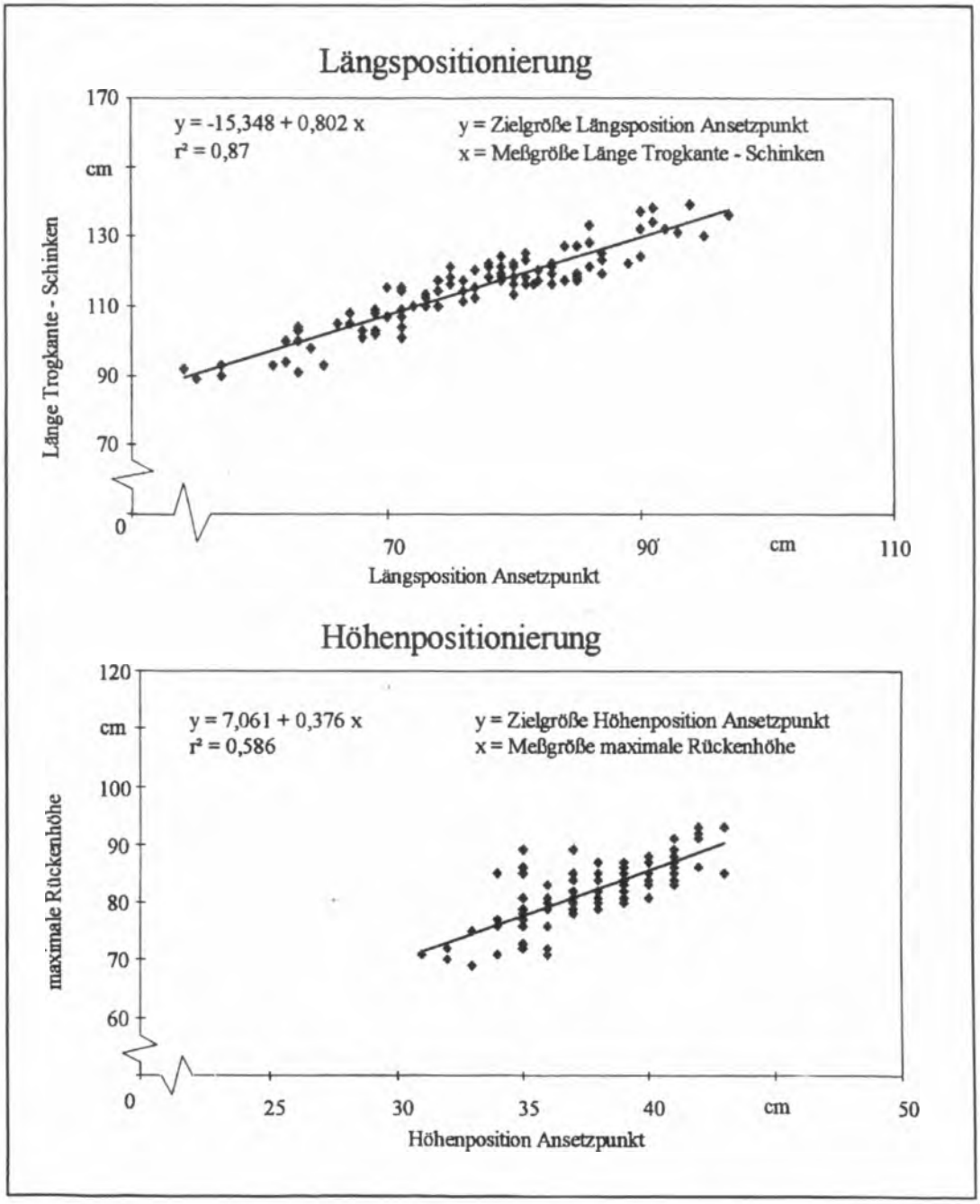


Abb. 3: Regressionen der Merkmale „Länge Trogkante-Schinken" und „Maximale Rückenhöhe" auf Längs- bzw. Höhenposition des Ansetzpunktes

4 Realisierung der automatischen Trächtigkeitsdiagnose

4.1 Anforderungen an die automatische Trächtigkeitsdiagnose

Neben einer mit der manuell durchgeführten Diagnose vergleichbaren Genauigkeit sind an die automatische Trächtigkeitsdiagnose weitere Forderungen zu stellen. Diese betreffen die Bereiche:

- **Tierschutz**

  Bauteile, die an das Tier gefahren werden, müssen splittersicher sein. Das Anfahren muß druckgeregelt erfolgen.

- **Standort**

  Die Futteraufnahmestelle ist der einzige Ort im Stall, an dem sich alle Tiere jeden Tag mehrere Minuten freiwillig aufhalten. Idealerweise ist die Vorrichtung zur Implementierung an eine Abruffütterungsstation geeignet.

- **Fahrwege**

  Die Fahrwege der Merkmalserfassung ergeben sich aus den gemessenen Extremwerten (Abb. 3). Für die Länge Trogkante-Schinken sind 890 bis 1390 mm und für die maximale Rückenhöhe 690 bis 930 mm zu veranschlagen.

  Die Fahrwege für den Ansetzbereich des Schallkopfes erhält man, indem die oben genannten Maße in die gefundenen Regressionsgleichungen eingesetzt werden. Zu den erhaltenen Maßen von 560 bis 961 mm in der Längsachse und 330 bis 420 mm in der Höhenachse müssen Sicherheitszuschläge addiert werden, so daß sich Fahrwege für den Schallkopf von 500 bis 1000 mm in der Längsachse und 300 bis 450 mm in der Höhenachse ergeben.

- **Bewegungsabläufe**

  Die Vorrichtung muß die beiden ermittelten Körpermaße erfassen und durch Einbeziehen der in Abbildung 3 gezeigten Regressionsgleichungen den Schallkopf in der Längs- und der Höhenebene positionieren. Der Schallkopf muß nach Anfahren an die Sau die in Abbildung 2 gezeigten Bewegungsabläufe vollführen.

4.2 Technische Umsetzung der Anforderungen

Für die technische Realisierung werden benötigt: die **Merkmalserfassung und -umsetzung am Tier**, der **Meßarm** zum Anfahren des Schallkopfes an das Tier und schließlich der **Schallkopf** selbst mit einer den Anforderungen entsprechenden Führung. Als Antriebe wurden Pneumatikzylinder und 24 V-Gleichstrommotoren gewählt.

Bei der **Merkmalserfassung und -umsetzung** sind zwei unterschiedliche Konzepte denkbar. Zum einen können die Merkmale berührungslos durch Sensoren erfaßt werden. Die gefundenen Maße werden dann rechnergestützt an einen Kreuztisch mit Schrittmotoren weitergegeben, der den Meßarm in der Längs- und in der Höhenachse positioniert. Zum anderen können die Merkmale aber auch durch Anfahren von Platten an die Sau erfaßt werden. Die Verfahrwege müssen dann als Werte nicht erfaßt werden, sondern können zeitgleich durch mechanische Mehrgelenkgetriebe mit entsprechenden Untersetzungen an den Meßarm weitergegeben werden.

Aus Gründen der Praktikabilität im Stall wurde die letztgenannte Alternative bei der Realisierung bevorzugt. Die Lösung ist durch einen Hauptrahmen und zwei geschachtelte Fahrrahmen charakterisiert. Von oben und von hinten werden zwei Platten an das Tier angefahren, die durch Hebelübersetzungen mit der Meßarmaufhängung verbunden sind. Abbildung 4 skizziert diese Lösung.

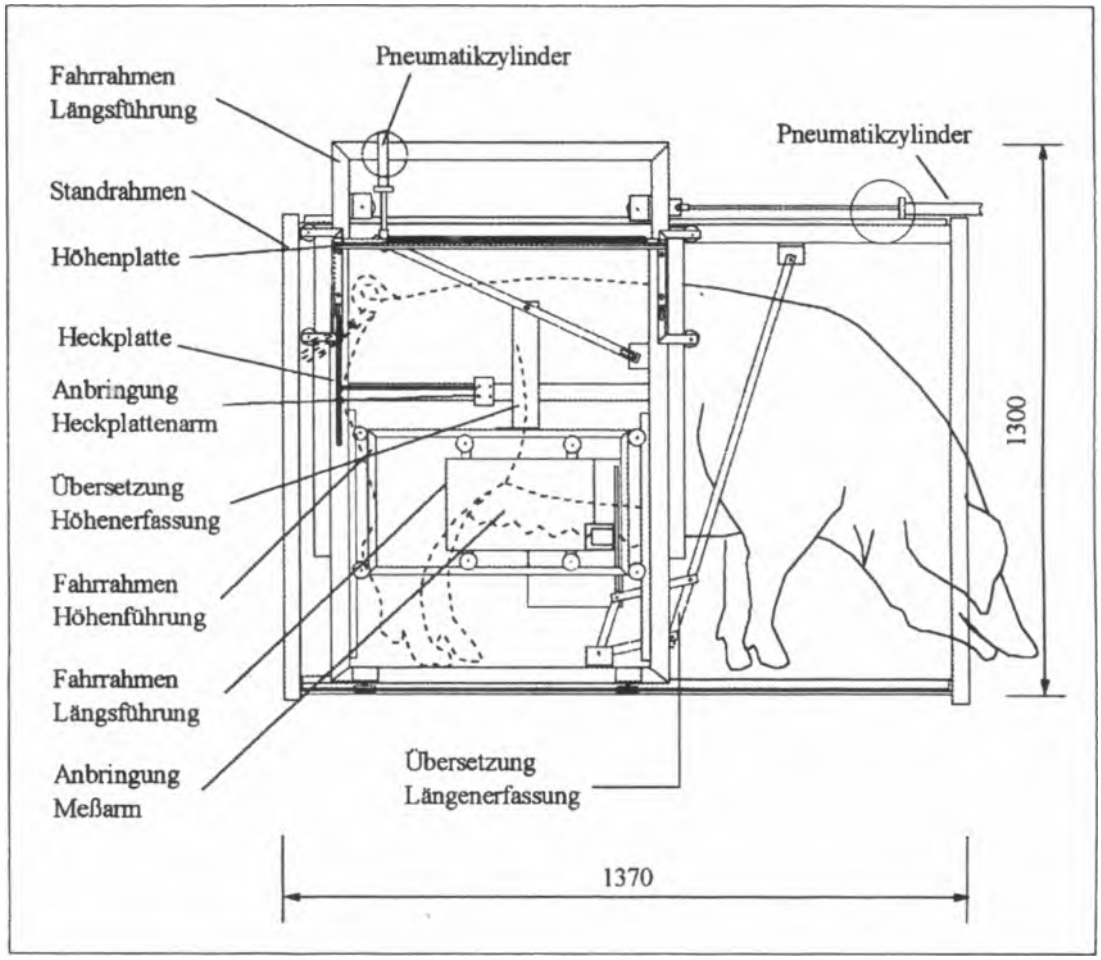


Abb. 4: Meßgrößenerfassung und -umsetzung durch Fahrrahmen und Mehrgelenkgetriebe

Auf den **Meßarm** entfallen zwei Aufgaben, das Anfahren des Schallkopfes an die Sau und das Abfahren eines Positionierbereiches für den Fall, daß die Positionsschätzung nicht genau genug erfolgen kann. Aufgrund der erstgenannten Aufgabe muß der Meßarm sehr führungsstabil sein, um Scherkräfte auffangen zu können, die durch Tierbewegungen verursacht werden.

Die realisierte technische Lösung besteht im Aufbau aus einer feststehenden Führungsplatte, die am inneren Fahrrahmen befestigt wird, sowie einer bewegten Führungsplatte, die auf vier Vollmetallstangen gleitet. Mittig ist eine Hohlwelle angebracht, in der eine Innenwelle die von einem E-Motor erzeugte Drehbewegung zur Schallkopfrotation bis zum Schallkopf führt. Abbildung 5 zeigt schematisch die Anordnung.

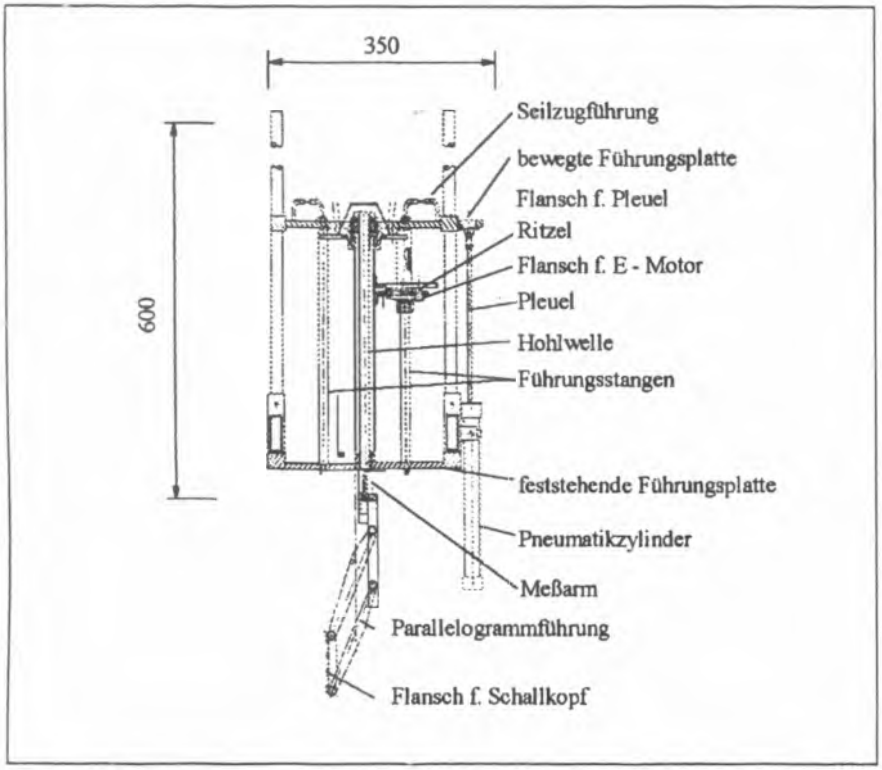


Abb. 5: Meßarm

Der Fahrweg zur Sau beträgt maximal 400 mm. Durch eine Seilzugübersetzung konnte der Antriebshub auf 200 mm begrenzt werden, um die Bautiefe gering zu halten.

Für die **Schallkopfaufhängung und -bewegung** wurde eine Taumelscheibe angefertigt, auf die der Schallkopf eingelassen ist.

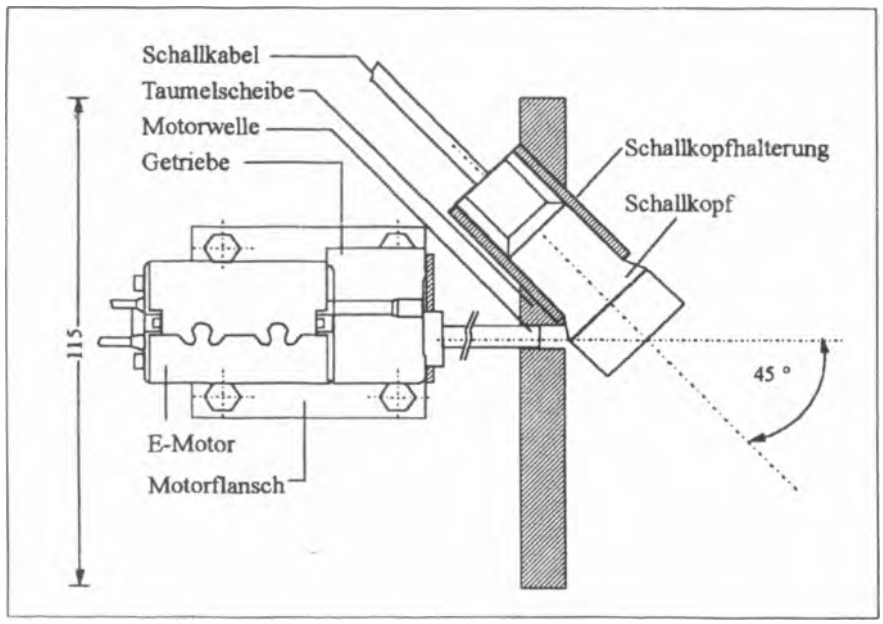


Abb. 6: Schallkopf mit Taumelscheibe

Damit ist zum einen der korrekte Ansetzwinkel gewährleistet, zum anderen kann durch Drehung der Taumelscheibe ein Schallkegel im Tierkörper aufgespannt werden. Eine Winkelbegrenzung gewährleistet, daß die Harnblase nicht angepeilt wird.

Das für die Ultraschallmessung immer notwendige Kontaktmittel wird vor dem Anfahren des Schallkopfes an die Sau mittels Druckluftdose auf den Flankenbereich aufgesprüht.

5 Die automatische Trächtigkeitsdiagnose im Praxiseinsatz

Um festzustellen, wie exakt die automatische Trächtigkeitsdiagnose im praktischen Einsatz arbeitet, wurden insgesamt 429 manuelle und automatische Diagnosen an 45 Sauen im Stadium der Frühträchtigkeit vorgenommen. Bei 78,3 % ergab sich eine Übereinstimmung von manueller und automatischer Diagnose.

Der Grund für die mangelnde Übereinstimmung in 21,7 % der Messungen wird bei Betrachtung von Tabelle 1 deutlich. Bei 24 Sauen wurde täglich zwischen dem 20. und dem 36. Trächtigkeitstag diagnostiziert.

Tab. 1: Vergleich von automatischer und manuell vorgenommener Trächtigkeitsdiagnosen in Abhängigkeit vom Trächtigkeitsstadium

	automatisch		manuell	
Trächtigkeitstag	diagnostizierte Trächtigkeiten	diagnostizierte Nicht-trächtigkeiten	diagnostizierte Trächtigkeiten	diagnostizierte Nicht-Trächtigkeiten
20	0	24	0	24
21	0	24	2	22
22	0	24	2	22
23	0	24	3	21
24	1	23	6	18
25	1	23	7	17
26	4	20	11	13
27	5	19	13	11
28	9	15	19	5
29	11	13	24	0
30	12	12	24	0
31	14	10	24	0
32	17	7	24	0
33	19	5	24	0
34	23	1	24	0
35	24	0	24	0
> 35	44	1	45	0

Aus Tabelle 1 geht hervor, daß bei manueller Diagnose ab dem 30. Trächtigkeitstag alle Tiere korrekt klassifiziert wurden. Bei Automatisierung des Diagnosevorgangs ist dies erst

ab dem 35. Trächtigkeitstag möglich. Der Grund ist darin zu sehen, daß bei einem Teil der Sauen in diesem Stadium das Absinken des Uterus auf die Bauchdecke noch nicht abgeschlossen ist. In dieser Zeit kann der Bereich der Reflexion von einer der Fruchtblasen, der durch das Aufspannen des Schallkegels abgetastet wird, sehr klein sein. Auch bei manueller Diagnose ist in diesem Zeitraum mit Fehlklassifizierungen zu rechnen, allerdings kann der Schallkopf mit der Hand stufenlos angewinkelt werden, wodurch Fehldiagnosen vermieden werden können. Bei der automatischen Trächtigkeitsdiagnose hingegen ist die Abstufung des Drehwinkels abhängig von der minimalen Schaltzeit und von der Getriebeübersetzung des Taumelscheibenantriebs. Die Umdrehungsgeschwindigkeit betrug 0,5/sec, woraus eine minimale Stufung des Drehwinkels von 45° resultierte. Bei einer deutlichen Verminderung der Drehgeschwindigkeit der Taumelscheibe ist mit einer Angleichung der Zuverlässigkeit von manueller und automatischer Diagnose am 30. Trächtigkeitstag zu rechnen.

6 Zusammenfassung

Es wurde ein Merkmalerfassungs- und Meßprinzip entwickelt, mit dem die Trächtigkeit von Sauen mit Hilfe von Ultraschall automatisch ermittelt werden kann. Dabei bedient man sich zweier Merkmale der Sauenphysis, der Länge des Tierkörpers von der Trogkante zum Schinken und der maximalen Rückenhöhe. Mit diesen beiden Maßen kann der Ansetzpunkt für den Schallkopf hinreichend genau geschätzt und somit auch automatisch angefahren werden.

Der nach den in Voruntersuchungen ermittelten Erkenntnissen gebaute Prototyp wurde einem praktischen Einsatz unterzogen. Das Meßprinzip der automatischen Trächtigkeitsdiagnose erwies sich als funktionssicher. Im Unterschied zur manuellen Diagnose wird eine vergleichbare Sicherheit erst 5 Tage später, also ab dem 35. Trächtigkeitstag erreicht. Bei entsprechender Veränderung technischer Details ist damit zu rechnen, daß sich der Zeitraum, in dem nahezu alle Sauen korrekt automatisch klassifiziert werden, dem der manuellen Diagnose angleicht.

7 Literatur

ALMOND, G.W.; W.T.K. BOSU; G.J. KING (1985): Pregnancy Diagnosis in Swine: a Comparison of Two Ultrasound Instruments. Canadian Veterinary Journal, 26:7, S. 205-208

BICHMANN, M.: Automatisierung der Trächtigkeitsdiagnose mittels Ultraschall an Sauen. Dissertation, Kiel, 1997

HOLTZ, W.; F. V. KAUFMANN; H.H. HERRMANN (1978): Die Trächtigkeitsfeststellung mit dem Echolotverfahren beim Schwein. Zuchthygiene, 13, S. 183-188

WALDMANN, K.-H. (1984): Kritische Wertung der Verfahren zur Trächtigkeitsdiagnostik bei Zuchtsauen. Tierärztliche Umschau, 39, S. 442-450

Automated Oestrus Detection in Individually Housed Sows

BOS, NADIA[1], FRESON, LOUIS[1], GORSSEN, JOS[1], GODRIE, STEFAN[1], MULKENS, FILIP[1], JOURQUIN, JAN[2], GEERS, RONY[1]

[1]Agricultural Buildings Research, K.U.Leuven, Kard. Mercierlaan 92, B-3001 Heverlee, Belgium;

[2]Seghers Hybrid, Buggenhout, Belgium

1 Abstract

Oestrus detection of individually housed sows was evaluated by monitoring continuously vaginal temperature and body movement. A small programmable datalogger was implanted in the vagina of a sow after weaning of the piglets. Every 16 s temperature was measured during 6 weeks with an accurracy of 0.2 °C. Body movement was measured by 2 remote infrared sensors, one positioned above the front and one above the back of the sow. Change of the reflected infrared waves was translated continuously into an electric signal, and digitized. Twenty-seven sows were used, being housed in a naturally ventilated building, being restricted fed. Oestrus was detected by the standing reflex before the boar. Results are now available from 7 sows, and show a circadian rhythm of vaginal temperatures and body activity. The latter being related to feeding activity and oestrus activity. Hence, monitoring of body activity can be used for automated oestrus detection of individually housed sows.

2 Introduction

Within intensive pig husbandry systems about 50% of the sows are replaced annually (Balthussen et al., 1988), mainly in relation to reproductive problems. A key issue is efficient oestrus detection for maximizing the number of piglets produced and thus labour income. Indeed, financial losses within a 200-sow herd related to non-productive days may vary from 10,000 to 60,000 ECU per year (Polson et al., 1990). Pig farmers are often faced with the difficult problem of determining the optimal time to cull sows from their herds. Therefore, automated oestrus detection may assist the pig farmer in making day-to-day management decisions about individual identifiable sows.

In cattle farming, electronic monitoring of physical activity was seen to be a useful aid for detecting oestrus (THOMPSON ET AL., 1982), and this combined with body temperature measurements may improve the detection rate (MAATJE ET AL., 1987). In case of sows housed in group, oestrus detection was achieved by recording the number of vistis to the boar pen (BRESSERS ET AL., 1991). Therefore, a method of automated oestrus detection has been investigated for individually housed sows.

3 Materials and methods

Twenty-seven multiparous sows were housed individually within a naturally ventilated pig house (Seghers Hybrid, Baasrode). Temperature conditions were within the thermal neutral zone. Feed and water were restricted available. Light was provided naturally and artificially.

Oestrus detection was evaluated by monitoring continuously vaginal temperature and body movement. A small programmable datalogger was implanted in the vagina of a sow after weaning of the piglets. Every 16 s temperature was measured during 6 weeks with an accurracy of 0.2 °C. Body movement was measured by 2 remote infrared sensors, one positioned above the front and one above the back of the sow. Change of the reflected infrared waves was translated continuously into an electric signal, and digitized. Since a high correlation was found between both sensor positions, only results from the back sensor have been reported. The reference method was the standing reflex before the boar.

4 Results and discussion

Until now data from 7 sows could be analyzed. Two of these sows went sequentially through three or four oestrus cycles. Oestrus behaviour could be detected by measuring body activity, especially when selecting night time data (Figure 1). No relationship with body temperature could be found (Figure 2).

A circadian rhythm of body temperature was observed with minimal values during the early morning, and maximal values during the night. However, the periodicity within body activity was the other way round. Measurements will continue in order to explain this mismatch.

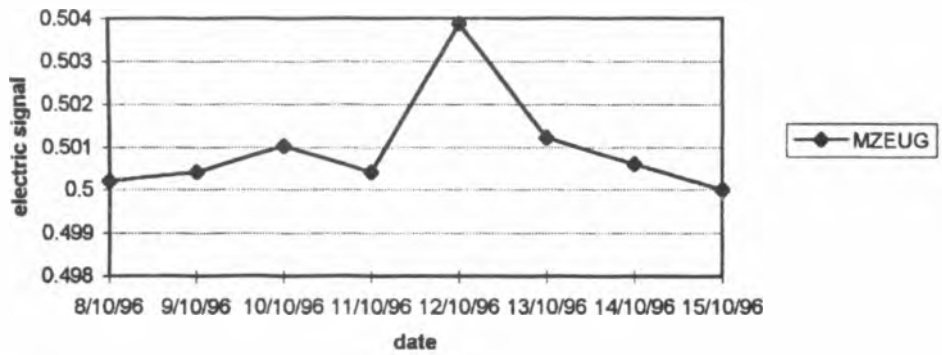


Fig. 1: The mean body movement during the night

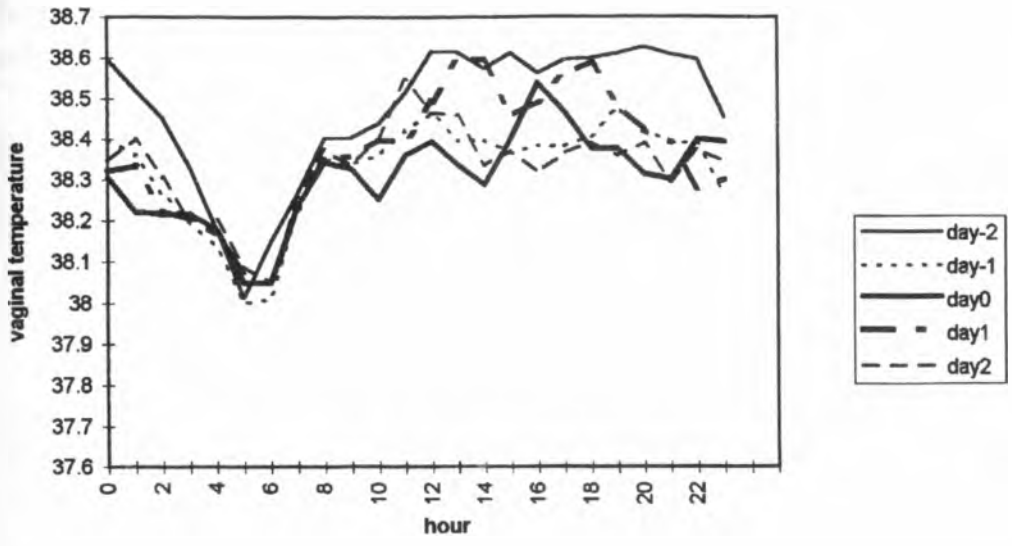


Fig. 2: The vaginal temperature of a sow in oestrus at day0

5 Acknowledgements

Funding was provided by the EC (AIR-2304). F. Mulkens was supported by the IWT (Region of Flanders), J. Gorssen by the DWTC (Belgium) and R. Geers by the NFWO (Belgium).

6 References

BALTUSSEN, W.H., H. ALTENA, C.M. BAKKER AND D. VAN RIJNBERK (1988): Results of Dutch swine breeding herds in 1987. Swine Extension Service, Rosmalen, The Netherlands

BRESSERS, H.P.M., J.H.A. TE BRAKE and J.P.T.M. NOORDHUIZEN (1991): Oestrus detection in group housed sows by analysis of data on visits to the boar. Appl. Anim. Behav. Sci. 31, 183-193

MAATJE, K., F. WIERSMA and W. ROSSING (1987): Measuring milk temperature during milking and activity of dairy cow for detecting sick cows and cows in oestrus. Proceedings 3rd Symposium on Automation in Dairying, IMAG, Wageningen, The Netherlands, 127-143

POLSON, P., DIAL, G. and MARSH, W. (1990): A biological and financial characterisation of non-productive days. In: Proc. 11th IPVS Congress, 1-5 July, Lausanne, IPVS, p. 377

THOMPSON, P.D., J.A. RODRIAN and F.B. DE VALL (1982): Electronic activity monitoring as an aid in oestrus detection. ASAE-paper n° 82-3028.

Untersuchungen mit Thermoimplantaten und Pedometern bei Mutterkühen

BREHME, ULRICH; EIKE SCHERPING; ULRICH STOLLBERG; DETLEF WERNER

Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

1 Aufgabenstellung

Die Rinderhaltung ist in Deutschland der wichtigste Produktionszweig der Landwirtschaft. Die Mutterkuhhaltung erlebte nach der Wiedervereinigung Deutschlands und den damit verbundenen grundlegenden Strukturveränderungen in der Landwirtschaft Ostdeutschlands einen enormen Aufschwung.

Mutterkuhhaltung bedeutet Rinderhaltung mit Kühen zur Kälbererzeugung ohne Milchgewinnung. Die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes ergibt sich aus der Marktleistung der verkauften Tiere - selektierte Kühe, abgesetzte Kälber zur Weitermast, Verkauf ausgemästeter Tiere, Zuchttierverkauf - sowie den verschiedensten Tierprämien und Ergänzungsbeiträgen bei extensiver Tierhaltung. Gegenwärtig bestimmen diese Prämien und Fördermittel das Betriebsergebnis in der Mutterkuhhaltung zu 45 bis 55 % und machen deutlich, daß die Wirtschaftlichkeit dieser Produktionsrichtung eine Gratwanderung ist. Entscheidenden Einfluß auf diese Parameter hat der Anteil der Kälberverluste in der Herde, die zwischen 3 und 25 % liegen.

Aber auch die Fruchtbarkeit der Tiere, die täglichen Zunahmen, die Schlachtkörperqualität und das praktizierte Herdenmanagement haben einen nachhaltigen Einfluß auf das Jahreseinkommen von mutterkuhhaltenden Betrieben. Der Erlös des aufgezogenen und vor allem des vermarktungsfähigen Kalbes bestimmt den Erfolgt eines Mutterkuhbetriebes.

Selbst bei einem Fortbestehen der gegenwärtigen Mutterkuhprämien und Grünlandbeihilfen kann der Landwirt nur zufriedenstellend wirtschaften, wenn er pro Kuh und Jahr ein Kalb aufzieht.

Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse wurden am Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB) zur umwelt- und tiergerechten Haltung von Rindern ab 1995 Untersuchungen zur Nutzbarmachung elektronischer Temperatur- und Aktivitätsmessungen bei Mutterkühen mit Datenfernübertragung und rechnergestützter Auswertung der Daten für eine zuverlässige Tiergesundheits- und Geburtsüberwachung, für ethologische Aussagen zum täglichen Biorhythmus der Tiere, zum Weide- und Tränkverhalten sowie zur Ausbildung der Mutter-Kind-Beziehungen im geburtsnahen Zeitraum aufgenommen.

2 Untersuchungsverlauf

An fünf Versuchstieren einer Fleckviehherde von 160 Tieren der Agrargenossenschaft Uetz-Bornim e. G. werden die Versuche durchgeführt.

Der Verlauf der Körpertemperatur gilt mit seinen Abweichungen vom Normalverlauf zu bestimmten Zeitpunkten im Reproduktionszyklus als sicherer Indikator für Brunsterkennung und den Geburtsbeginn beim Tier, aber auch für Erkrankungen. Ähnlich verhält es sich im ethologischen Bereich mit den Bewegungsaktivitäten der Tiere.

Die gesamte Versuchstechnik für die Versuchsanstellung ab Juli 1995 - Pedometer, Implantate mit integriertem Thermosensor, modifizierte Tränktröge mit Ringantennen, Rahmendurchlaufantennen sowie die notwendige Software zur Datenerfassung, -speicherung und -auswertung lieferte die niederländische Firma INSENTEC (ehemals HOKOFARM).

Als Versuchsbereich wurde ein ehemaliger Weidemelkstand im arrondierten Weidegebiet genutzt und mit der Versuchsanlage, bestehend aus vier Tränktrögen, einer PC-Station und den beiden Rahmendurchlaufantennen, ausgerüstet.

Beim Durchschreiten der Rahmenantenne an den Toren wird der passive Antwortsender im Pedometer aktiviert und übermittelt an die PC-Einheit folgende Daten:

- Tier-Nr.,
- Pedometer-Nr.,
- Zeit beim Betreten bzw. beim Verlassen des Versuchsbereiches,
- aktueller Stand der registrierten Bewegungsimpulse.

Die Messung der Körpertemperatur der Tiere erfolgt mit Thermoimplantaten, die im Versuchsjahr 1995 im Gesichtsfeld der Versuchstiere zwischen Flotzmaul und Augenpartie „gesetzt" waren. Dieser Implantationsort mußte, bedingt durch das vom Hersteller INSENTEC entwickelte Erkennungssystem bei der Tränkeaufnahme, akzeptiert werden.

Im Versuchsjahr 1995 waren die vier Tränktröge mit einer Ringantenne ausgerüstet. Betrat ein Versuchstier eine der Tränkstationen, wurde das im Gesichtsfeld der Tiere eingesetzte Thermoimplantat aktiviert, wenn die Kuh den Kopf zum Saufen senkte und in den Wirkungskreis der Ringantenne kam. Dabei wurde eine ideale Erkennungsdistanz zwischen Implantat und Identifikationsantenne von 1,0 bis 10 cm realisiert und gewährleistete in unserer Versuchsperiode Erkennungsraten von kontinuierlich 100 %.

Folgende Einzeldaten wurden auf die Rechnereinheit übertragen:

- Tier-Nr.,
- Nr. des Tränktroges (1 bis 4),
- Nr. des Implantats,
- Zeit bei Beginn der Tränkeaufnahme,
- Zeit bei Ende der Tränkeaufnahme,
- Tränkezeit (sec.),
- aktuelle Körpertemperatur.

3 Ergebnisse

Bei einem Versuchstier konnte in den Voruntersuchungen mit Halsbandsendern das Bewegungsverhalten zum Geburtszeitpunkt deutlich registriert und ausgewertet werden.

Die aus der Praxis und Veterinärmedizin bekannte Beobachtung, daß die Aktivitäten hochtragender Kühe einige Tage vor der Geburt deutlich zurückgehen, um kurz vor der Geburt anzusteigen (gesteigerte Unruhe der Tiere vor der Kalbung) und nach der Geburt des Kalbes auf höherem Aktivitätsniveau anzuhalten (Aufbau der Mutter-Kind-Beziehungen), wird durch den Kurvenverlauf der Bewegungsaktivität eindrucksvoll bestätigt.

In den Folgeuntersuchungen bestand die Aufgabe darin, ein völlig neues System - implantierte Thermoinjektate zur Ermittlung des Körpertemperaturverlaufs und Pedometer zur Bestimmung der Bewegungsaktivität - im Praxisversuch zu erproben.

Die erste Versuchsperiode begann im August 1995 mit fünf Versuchstieren und sollte drei Laktationen andauern. Die Bedenken des Versuchsanstellers hinsichtlich der Eignung des Implantationsortes - Gesichtsfeld der Tiere - wurden sehr schnell durch die Meßwerte der Versuchstiere bestätigt. Bereits nach wenigen Versuchstagen zeigten die Ergebnisse den gravierenden Einfluß der Außentemperatur- und Witterungsverhältnisse auf die gemessenen Körpertemperaturwerte. Die Versuchsperiode wurde nach 2 Monaten abgebrochen und mit den erfaßten Daten bei der Firma INSENTEC eine Auswertung vorgenommen.

Im Juni 1996 stellte INSENTEC ein neues Identifikationssystem mit Flachantennen am Rand des Tränktroges bereit (Abb. 1).

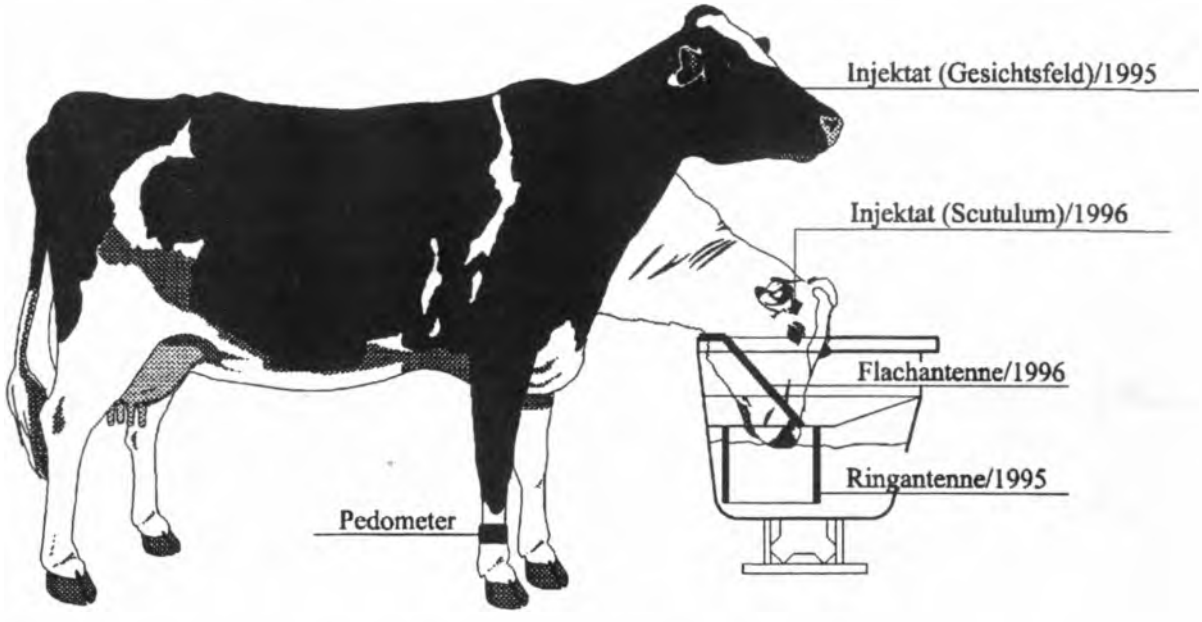


Abb. 1: Erprobung von Tieridentifikationssystemen bei Körpertemperaturmessungen - mit unterschiedlichen Implantatorten und Erkennungsantennen

Mit der Erprobung dieser neuen Variante, Wechsel des Implantatortes vom Gesichtsfeld zum Scutulum am Ohrgrund, war auch eine neue Position der Antenne am Tränktrog erforderlich. Das Scutulum ist nach Auswertung des internationalen Schrifttums am geeignetsten für Körpertemperaturmessungen beim Rind. Es wurden die gleichen fünf Versuchstiere wie 1995 verwendet. Aus den laufenden Untersuchungen und der Versuchsperiode von 1995 lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

- Große Probleme bei der Arbeit mit Implantaten bereitet die geringe Erkennungsweite bei der sicheren kontinuierlichen Identifikation durch die Sendeantennen. Die Tiere müssen eine exakte Position an der Antenne einnehmen, und die Entfernung zwischen Implantat und Antenne muß zwischen Null (0) und max. 20 cm liegen, um eine befriedigende Erkennungssicherheit zu gewährleisten. Dabei gilt die Regel, je geringer die Entfernung zwischen Implantat und Antenne ist, desto größer ist die Erkennungsrate des Implantates.
- Die von der Firma INSENTEC eingesetzten Identifikationssysteme für die Erkennung der Tiere im Tränktrog mit Ringantenne (Körpertemperatur) und an den Rahmendurchlaufantennen (Erfassung der Bewegungsaktivität) funktionierten störungsfrei und brachten für beide Parameter eine 100%ige Datenerkennung, -übermittlung und -erfassung für das Versuchsjahr 1995. In Abbildung 2 ist die Abhängigkeit der Meßwerterfassung von Körpertemperatur und Außentemperatur bei einem Versuchstier über eine Meßperiode von 26 Tagen dargestellt. Deutlich sichtbar steigen oder fallen die Werte der Körpertemperatur im Gleichklang mit den Tagestemperaturen.

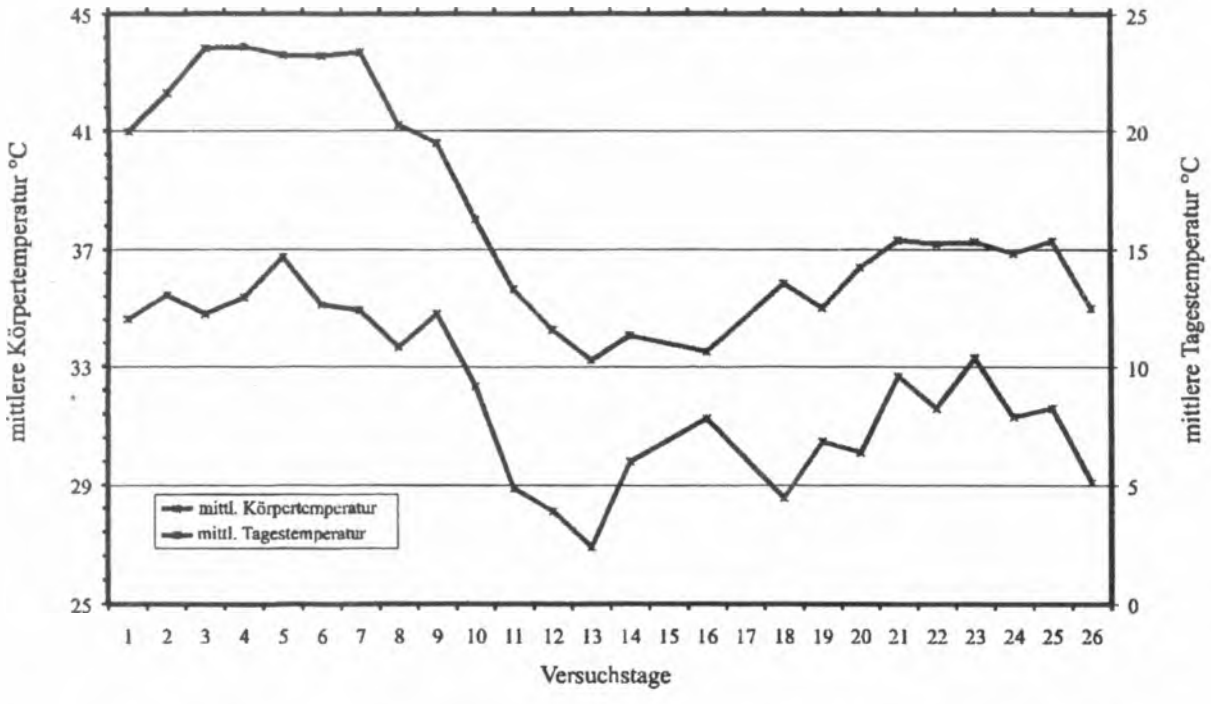


Abb. 2: Vergleich von Körpertemperatur- und Außentemperaturverlauf - Implantatort: Gesichtsfeld zwischen Flotzmaul und Auge

- Migrationen (Wanderbewegungen) bei den Implantaten konnten bisher nicht festgestellt werden.
- Tabelle 1 zeigt die ermittelten Körpertemperaturwerte bei den Versuchstieren im Jahre 1995 und aus laufenden Untersuchungen. Die Minimumwerte zwischen 24,0 °C bis 28,7 °C

weisen auf den hohen Einfluß der Außentemperatur und der Witterungsverhältnisse hin. Hauptgrund für diese Ergebnisse ist der von INSENTEC vorgeschriebene Ort des Implantates, im Gesicht des Tieres, zwischen Flotzmaul und Auge.

Für eine wissenschaftliche Auswertung der registrierten Daten bestand keine Möglichkeit. Aus diesem Grunde wurde der Versuch im Herbst 1995 abgebrochen.

Im zweiten Teil der Tabelle 1 sind die erzielten Ergebnisse der laufenden Versuche von 1996 ausgewiesen.

Die Veränderung des Implantatortes vom Gesicht zum Scutulum (Ohrgrund) brachte eine deutliche Ergebnisverbesserung. Die Minimalwerte der Körpertemperatur liegen zwischen 35,9 °C und 36,8 °C.

Ein negativer Einfluß von Außentemperatur und/oder Wetterbedingungen konnte bisher nicht festgestellt werden.

Tab. 1: Ergebnisvergleich der Körpertemperaturmessungen 1995* und 1996** bei unterschiedlichen Implantatorten

Versuchstier/ Merkmal	Versuchstier Nr. 11		Versuchstier Nr. 441		Versuchstier Nr. 449	
	1995	1996	1995	1996	1995	1996
Versuchstage	90	30	90	30	90	30
ausgewertete Datensätze/Tier	153	14	207	14	171	23
ermittelte Körpertemperatur °C	33,4	37,6	35,4	38,1	35,9	37,3
max. Meßwert/ Körpertemp. °C	37,8	38,4	37,4	39,0	38,0	38,3
min. Meßwert/ Körpertemp. °C	24,0	36,8	23,6	36,2	28,5	36,3

* Implantatort: Gesichtsfeld der Tiere - Ringantenne im Tränktrog

** Implantatort: Ohrgrund (Scutulum) - Flachantenne am Trogrand

- Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Pedometerauswertung für die Bewegungsaktivitäten der Versuchstiere von 1995 und aus den laufenden Untersuchungen. Anhand der aufgelaufenen Aktivitätsimpulse wurden die ermittelten stündlichen Aktivitäten der Tiere ermittelt und die um den Normverlauf schwankende Abweichung. Die Ergebnisse zeigen ein ausgeglichenes Bild bei vier Versuchstieren. Hierbei handelt es sich um Altkühe.

Das fünfte Tier (Kuh-Nr. 11) ist eine Färse, die ihren Platz im Herdenverband noch sucht, und das bedeutet höhere Bewegungsaktivitäten bei der Futtersuche und der Tränkstation, bei Begegnungen mit ranghöheren Artgenossen (Flucht, Meid- und Ausweichbewegungen).

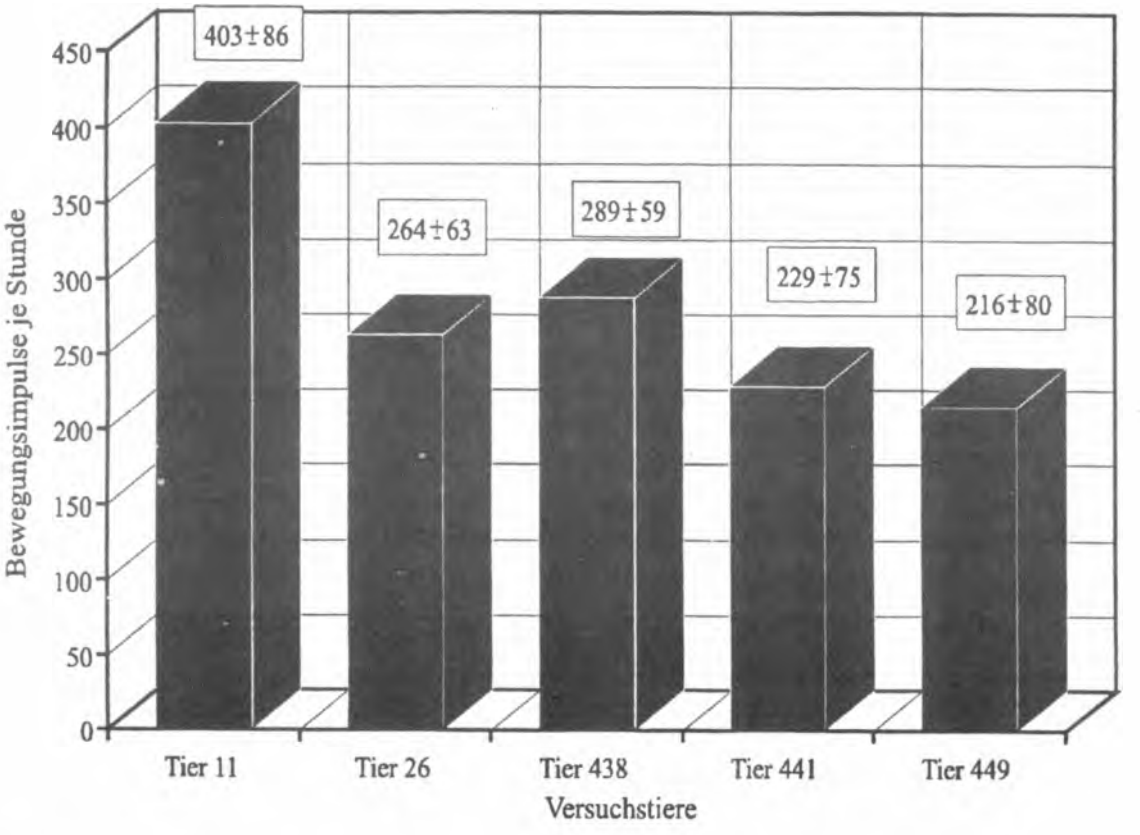


Abb. 3: Tieraktivitäten über 250 Versuchstage (1995/96)

- In Tabelle 2 werden die Versuchsergebnisse der Jahre 1995 und 1996 gegenübergestellt, auf die wesentlichen Unterschiede und ihre Ursachen hingewiesen. Im weiteren werden Schwerpunkte von F/E-Aktivitäten im kommenden Jahr angeführt.

Tab. 2: Ergebnisübersicht - Versuchsperioden 1995/96 und weitere Forschungsvorhaben

Tiererkennungssysteme zur Körpertemperaturmessung			**Weitere Forschungs-arbeiten**
	1995	**1996**	
Implantatort Antennenform	Gesichtsfeld Ringantenne	Scutulum Flachantenne	Weiterführung der Versuche 1997/98
Übertragungsentfernung (Implantat-Antenne)	5 bis 10 cm	5 bis 25 cm	Arbeiten zur Mutter-Kind-Beziehung
Erkennungsrate	100 %	20 bis 65 %	Verhaltensanalysen zum täglichen Biorhythmus, zum Tränken und Grasen
Einfluß der Wetters	sehr hoch	wenig	
Minimum-Temperatur	24,0 bis 28,7 °C	35,9 bis 36,8 °C	
Migration von Implantaten	keine		Untersuchungen und Beobachtungen im Abkalbezeitraum
System der Aktivitätsmessungen			
Pedometeranbringung	Fesselbein		
Antennenform	Durchlaufrahmenantenne		Körpertemperaturmessungen mit vaginalen Datenloggern zur Früherkennung der Trächtigkeit
Erkennungsrate	100 %		
Übertragungsentfernung (Pedometer-Antenne)	20 bis 70 cm		

Aus den bisherigen Arbeiten lässen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Die eingesetzten Pedometer am Fesselbein der Tiere zur Ermittlung der Bewegungsaktivität arbeiten zuverlässig, störungsfrei und hatten in beiden Versuchsperioden eine Identifikationsrate von 100 %. Der Erkennungsabstand zwischen Pedometer und Rahmendurchlaufantenne lag zwischen 20 bis 60 cm. Trotz hoher Belastung - natürliche Hindernisse im Weidebereich, Sumpflöcher u. a. m. traten bei den Pedometern keine Verluste auf.
- Die soziale Stellung des Einzeltieres in der Herdenhierarchie beeinflußt das Aktivitätsverhalten des Einzeltieres nachhaltig (siehe Abbildung 3).
- Entscheidenden Einfluß auf die Verwertbarkeit der Ergebnisse der Körpertemperatur hat der Implantatort (siehe Tabelle 1). Der Einfluß der Außentemperatur- und

Witterungsverhältnisse auf die registrierten Körpertemperaturwerte ist bei einem ungünstigen Implantatort - z. B. Gesichtsfeld - enorm hoch, wie auch Abbildung 2 deutlich zeigt.

- Maßgeblich wird die Identifikationsrate der Tiere an der Versuchsstation durch die Art der Antenne und ihrer Positionierung an der Tränkstation, der Lesegeschwindigkeit sowie vom Abstand zwischen Implantat und Empfangsantenne beeinflußt.
- Ausgezeichnete, z. T. ideale Körpertemperaturwerte wurden im Versuchsabschnitt 1996 erzielt. Großer Nachteil hierbei die ungenügende Erkennungsrate von 50 % bis 65 % durch die Veränderung der Antennenposition und des Implantatortes vom Gesichtsfeld zum Scutulum (Ohrgrund) der Versuchstiere.
- Hauptaugenmerk der weiteren Arbeiten ist die Verbesserung der Antennenform und -position ebenso die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Antenne mit der Maßgabe, den Erkennungsabstand zwischen Antenne und Injektat auf mindestens 30 bis 40 cm zu vergrößern und die Auslesegeschwindigkeit der Injektate deutlich zu senken.

Die im ATB laufenden Untersuchungen und Erprobungen zum Einsatz von Identifikations- und Kontrollsystemen bei Mutterkühen haben nur dann reale Chancen auf Praxisakzeptanz, wenn die von der Industrie bereitgestellten Pedometer und Thermoinjektate im Stückpreis nicht über 5 bis 10 DM bzw. 30 bis 50 DM liegen. Die Integration derartiger Systeme ist mit Veränderungen in der Verfahrensgestaltung verbunden.

Der Tränkstelle kommt dabei eine zentrale Position zu. Nur hier besteht bei der Mutterkuhhaltung die Möglichkeit, das Einzeltier in Ruhe zu identifizieren und die Bewertungskriterien Bewegungsaktivität und Körpertemperatur zu erfassen, zu speichern und vor Ort zu verarbeiten, um für das Einzeltier sofort eine Entscheidung zu fällen.

Über "Selektionstore" könnten damit Tiere mit wesentlichen Abweichungen der Daten vom Normverlauf in einen Nachwartebereich entlassen werden, wo sie in einer intensiven Einschätzung/Kontrolle durch den Halter/Tierarzt unterzogen werden können. Kühe mit Normalwerten gehen auf die Weide zurück.

4 Literatur

ARBEITSPAPIER 205 (1994): Injektate zur elektronischen Tieridentifikation, KTBL/LAV-Fachgespräch am 15./16. März 1994 in Fulda

ARTMANN, R. (1982): Elektronische Systeme zur Tiererkennung und deren Anwendung. In: Landbauforschung Völkenrode, SH 62, 1989, S. 49-59

AUERNHAMMER, R. (1995): Untersuchungen über die Eignung verschiedener Körperstellen zur automatisierten Messung der Körpertemperatur beim Rind, Inangural-Dissertation, Maximilians Universität München

KERN, C. (1989): Elektronische Systeme zur Identifikation von Landwirtschaftlichen Nutztieren - Gegenwärtiger Stand der Entwicklungen und Einsatzmöglichkeiten in Westeuropa und Australien/Neuseeland Diplomarbeit am Institut für Landtechnik, Freising-Weihenstephan

MOLL, R. (1990): Grundlegende Eigenschaften passiver Telemetriesysteme am Beispiel eines Transponderinjektates für die Identifikation und Temperaturmessung. In: Agrarinformatik, Bd. 20

PIRKELMANN, H. UND KERN, C.: Einsatzerfahrungen mit injizierten Transpondern in der Rinderhaltung, KTBL-Arbeitspapier 205, S. 36-49

WENDL, G. UND KLINDTWORTH, M. (1996): Elektronische Tierkennzeichnung, Landtechnik 04/96, S. 226-227

ROBOTIC MILKING OF DAIRY COWS

IPEMA, A.H., KETELAAR-DE LAUWERE, C.C., KONING DE, C.J.A.M., SMITS, A.C. AND STEFANOWSKA, J.

DLO-Institute of Agricultural and Environmental Research (IMAG-DLO)
P.O.Box 43, NL-6700 AA Wageningen, The Netherlands.

1 Introduction

Robotic milking is a recent innovation with major implications for dairy farming. In the Netherlands dairy farmers are becoming increasingly interested in robotic milking. In 1996 two different types of commercial robotic milking systems were available. Automation opens new perspectives, because it performs tasks that were traditionaly done by the farmer, and it contributes to labour savings and a reduction in the work load (Sonck, 1996). One of the main goals of robotic milking is to reduce the labour requirements of milking. Robotic milking implies the possibility of frequent milking. In the current stage of development, the emphasis is on voluntary visits of the cow to a milking stall several times a day. An earlier version of an automatic milking system (AMS) consisting of a selection unit (SU) with two stalls and one milking stall (MS) equipped with a robot was used (Devir, 1995). This AMS was situated in a cowshed between the lying area and the feeding area. The cows had to pass through the SU and/or the MS when they went from the lying area to the feeding area; they could return to the lying area through a one-way gate. Concentrates were only allocated in the SU and the MS. The results indicated, that in one-way traffic it was easy to reach a voluntary milking frequency of at least 3 times a day. Nevertheless, Ketelaar-de Lauwere et al. (1995) observed that one-way traffic affected the timing of the visits of individual cows; cows that were lower in the social hierarchy came more often during the night. Devir (1995) found that during visits to the AMS, the cows spent only 50 per cent of the time being milked; the rest of the time, they spent on moving from one place to another and waiting. It appears that animal behaviour might play a significant role in the effective use of the AMS.

In new research the effects of different lay-outs of the cowshed with a robot on the cow's visiting frequency and the time they spend inside the AMS were studied. In addition the milking process was analysed. In robotic milking the intervals between milkings and the duration of time from the entrance of a cow into the milking stall and the attachment of the cluster, are more variable than in conventional milking. The effects of robotic milking on milk yield and milk ejection were evaluated. Some findings are presented here.

2 Materials and Methods

The experiment took place on the IMAG-DLO experimental farm "De Vijf Roeden" over a period of 4 months. Testing was done with 24 dairy cows (9 heifers and 15 second or higher parity) of the HFxFH breed. One cow of higher parity left the experiment because of veterinary problems. At the start of the experiment, the cows had been in lactation for 1 to 5 months. The cows were kept in a cubicle house. They visited the robotic milking system voluntarily. An automatic system for forage feeding was used. The ration (dry matter base) consisted of 48% grass silage, 22% maize silage, 9% sugar beet pulp and 21% concentrates. The cows were

milked in one of two milking stalls of an automatic milking system (AMS) (Prolion Development, Vijfhuizen, the Netherlands) (Hogewerf et al., 1992). The system was available to the cows for about 22 hours per day. A cow was accepted for milking when the interval since her previous milking was longer than 6 hours. Visits to the AMS were put into three categories: (1) 'milking' visits, during which a cow is milked by the robotic milking system; (2) 'no-milking' visits, during which a cow's interval since the previous milking is less than 6 hours; (3) 'failed milking' visits, during which the attachment of the milking robot failed. After a 'failed milking' visit, a cow was allowed to visit the AMS again, and the milking robot made a new attempt to attach. The number of successive 'failed milking' visits by a cow was not restricted. The cows received concentrates during 'milking' and 'failed milking' visits, 1 kg for the heifers and 1.5 kg for the other cows. The AMS was cleaned at 08:00 h and 20:00 h. Each cleaning took about 45 minutes. Two times a day, at 07:30 h and 19:30 h, the cows who had a milking interval of more than 7 hours were fetched for milking. During the visits of these cows, the milking cluster was attached manually if the robotic attachment procedure failed. After the attachment procedure is completed, water is injected during 9 seconds into the teatcups to clean the teats. The milking machine uses a vacuum level of 43 kPa and a pulsation ratio of 65:35. The milking unit is detached when the ejected amount of milk is less than 0.2 kg in 30 seconds. After milking is finished, the cow can leave the milking stall. When a cow postpones leaving, a mechanical device pushes her out.

During the experiment, tests were done on 4 lay-outs of the cowshed. In lay-outs 1, 2 and 3 cows were able to use a passage between the lying area and the feeding area in both directions (free cow-traffic). In lay-out 1, entrance to the AMS was directly from the lying area. The decision to milk was made after the cow was identified in one of the milking stalls of the AMS. During a 'no-milking' visit, the exit door of the milking stall opened immediately and the cow could leave the AMS. In lay-outs 2, 3 and 4 there was a selection-unit (SU). It was in the SU that the decision about milking was made after a cow had been identified. If the decision was not to milk the cows were diverted to the feeding area. In lay-out 2 the SU is in front of the entrance to the AMS. If the decision was to milk, the cows were allowed to enter the AMS provided one of the milking stalls was free. If there was no free milking stall, they had to wait in front of the entrance to the AMS. In lay-out 3, there was a waiting area of 9 m^2 between the SU and the AMS. If the decision in the SU was to milk, the cows could enter the waiting area and go on to a milking stall (if one was free). If not, they had to stay in the waiting area in front of the entrance to the AMS. Lay-out 4 was almost identical to layout 3, the difference being that there was one-way traffic. A one-way gate was installed in the passage between the lying area and feeding area. The cows could pass only from the feeding area to the lying area. To visit the feeding area, they had to pass through the SU and if the decision was to milk also through the AMS. Information about the duration of the AMS-visits, and the processes inside the AMS (i.e. the time spent in a milking stall, the machine-on time, the milk yield) was recorded.

For each lay-out, a research period of 4 weeks was used. In the first week, changes were made in the lay-out. The second week was for the cows to adapt themselves to the new lay-out. In the third of fourth week the cows' behaviour was registered. For each lay-out, the number and types of visits to the AMS ('milking','no-milking','failed milking') were analysed for 4 days. For the analysis, only days without cows in heat were accepted. The method of residual maximum likelihood (REML) (Genstat 5 committee, 1993) was used to test if there were differences between the lay-outs in the time the cows spent on each type of visit to the AMS and in a milking stall. Further testeing was done to detect differences in milk yields and machine milking times during 'milking' visits. The time from the cow's entry into the milking stall to the attachment of the cluster consists of a waiting time before the robot starts the attachment

procedure and the duration of the attachment procedure. This time shall be referred to as 'waiting time for milking'.

For each experimental week the group averages for milk yield and milking frequency per day were calculated. On these data a multiple regression analysis is carried out. REML was used to analyse for effects of the intervals between milkings and the waiting times for milking on the milk synthesis and ejection.

3 Results

The average time each cow spent in the AMS every day was 51 minutes in lay-out 1, 40 minutes in lay-out 2, 43 minutes in lay-out 3, and 37 minutes in lay-out 4. The average time each cow spent in the SU and/or waiting area every day was 6 minutes in lay-out 2, 20 minutes in lay-out 3, and 16 minutes in lay-out 4.

In all the lay-outs, there were the same three types of visits to the AMS, i.e. 'milking', 'no-milking' and 'failed milking' . Table 1 shows the duration of these visits for the four lay-outs.

The average number of 'milking' visits to the AMS were in all four lay-outs about 2.9 per cow per day.

The average number of 'no-milking' vistits per cow per day was 2.2 in lay-out 1, 0.1 in lay-out 2, and 0.2 in lay-outs 3 and 4 per cow per day. The average number of 'failed milking' visits was per cow per day 0.7 in lay-out 1, 0.6 in lay-out 2, and 1.2 in lay-outs 3 and 4 .

Tab. 1: Duration and milk yield per visit for 'milking', 'no-milking' and 'failed milking' visits.

Lay-out	type of visit							
	'milking'				'no-milking'		'failed- milking'	
	time in AMS	time in milking stall	machine milking time	milk yield	time in AMS	time in milking stall	time in AMS	time in milking stall
	min/visit	min/visit	min/visit	kg/visit	min/visit	min/visit	min/visit	min/visit
1	11.9^{a}	9.4^{a}	6.4^{a}	11.3^{a}	4.4	0.4	10.9^{a}	5.5^{a}
2	11.3^{ab}	9.2^{ab}	5.8b	10.8^{b}	3.3	0.1	10.0^{a}	5.7^{a}
3	11.6^{a}	8.9^{ab}	5.8^{b}	10.4^{b}	3.0	0.4	7.8^{b}	4.0^{b}
4	10.1^{b}	8.4^{b}	5.6^{c}	9.9^{c}	2.5	0.1	6.2^{c}	4.0^{b}

^{abc} different letters in the same column mean a significant difference ($p<0.05$)

The milking unit was attached automatically in about 99 % in lay-outs 1 and 2, and in about 96 % of the milkings in lay-outs 3 and 4. The number of milkings in which cows had to be fetched (cows did not visit the AMS at the proper time) increased from about 9 % in lay-outs 1 and 2 to about 13 % in lay-outs 3 and 4. Of the voluntary 'milking' visits to the AMS in lay-outs 1, 2

and 3 about 57 % occured after an interval of less than 8 hours. In lay-out 4, this was about 65 %.

During the 4 months of the experiment the cows were milked an average of 2.93 times a day. The average milk yield was 31.8 kg a day. Figure 1 shows the weekly averages of the daily milk yield and milking frequency during the course of the experiment. The milk yield decreased during the course of the experiment, mainly owing the stage of lactation. Moreover it was proved that the milking frequency in a certain week affected the milk yield. When the milking frequency deviated from the average of 2.93, the milk yield deviated more from the trend line. The week and the milking frequency both had a significant influence ($p<0.05$) on the milk yield.

The average interval between milkings was about 8 hours. To a certain extend the cows were free to choose the time they visited the AMS. The criteria for being milked and for being fetched meant that the milking interval could vary between 6 to 19 hours. Intervals of less than 9 hours were observed in 76.2% of the milkings. Only 1.4% of the milkings had intervals longer than 15 hours. When intervals were longer the milk yield and the average milk flow per milking increased (Table 2). The differences in milk yields and average milk flows were significant for almost all of the interval classes ($p<0.05$). It was only in the intervals of 13-15 and >15 hours that the difference in average milk flows was not significant.

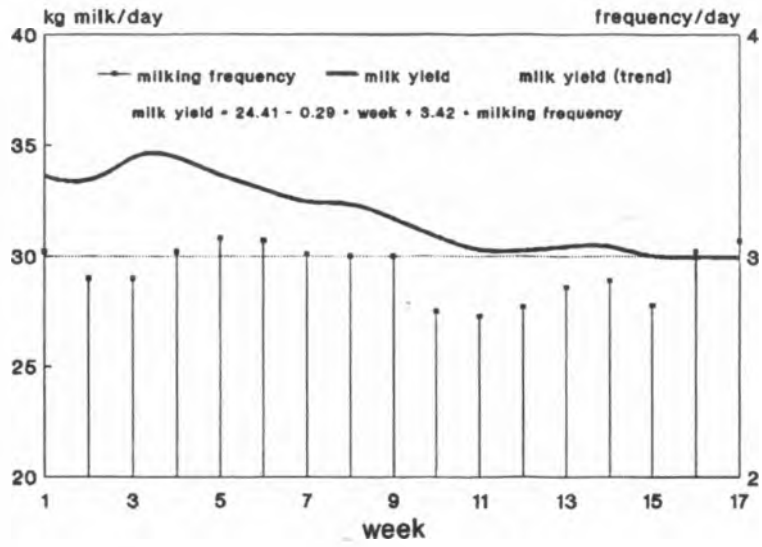


Figure 1. Daily milk yield and milking frequency per experimental week.

Tab. 2: Effect of the duration of the milking interval on milk yield, average milk flow and milk secretion.

		Interval (hours)					
		< 7	7-9	9-11	11-13	13-15	> 15
milk yield	kg	8.6[a]	10.1[b]	12.3[c]	14.4[d]	16.3[e]	17.7[f]
average milk flow	kg/min	1.68[a]	1.85[b]	2.01[c]	2.15[d]	2.23[e]	2.26[e]
milk secretion	kg/hour	1.32[a]	1.30[b]	1.27[c]	1.24[d]	1.21[e]	1.12[f]

[abcdef] different letters in the same row mean a significant difference ($p<0.05$)

The amount of each milk yield was divided by the duration of the interval. Results showed that the milk secretion per hour in all interval classes differed significantly ($p < 0.05$). The longer the interval, the lower the milk secretion per hour.

The waiting time for milking was shorter than 2 minutes for 54% of the milkings. For 8 % of the lmilkings the waiting time was longer than 4 minutes. Table 3 shows the effect of the duration of the waiting time for milking on the average milk flow and on the estimated amount of 'not ejected'. The amount of 'not-ejected' milk for each milking is the difference between the measured and the expected milk yield. The expected milk yield is based on the hourly mean milk secretion rate for each week and the interval since the previous milking.

Tab. 3: Effect of the duration of the waiting time for milking on the average milk flow and thequantity of 'not ejected' milk.

waiting time for milking	average milk flow	'not ejected milk'
min	kg/min	kg
< 1.5	1.91[a]	0.0[a]
1.5-2.0	1.95[b]	0.0[a]
2.0-2.5	2.01[c]	0.1[b]
2.5-3.0	2.08[d]	0.1[b]
3.0-3.5	2.09[d]	0.2[bc]
3.5-4.0	2.08[d]	0.3[c]
> 4.0	2.08[d]	0.4[d]

[abcd] different letters in the same column mean a significant difference ($p<0.05$)

There was a showed significant increase ($p < 0.05$) in the average milk flow in all classes from <1.5 to 3.0 minutes (Table 3). The average flow increased from 1.91 kg/min to 2.08 kg/min. A longer waiting time for milking (>3 min) had no effect on the milk flow. The amount of 'not-ejected' milk tended to increase with longer waiting times.

4 Discussion

On average the cows were milked almost 3 times a day. The maximal time each of the cows spent in a milking-related (SU, waiting area and AMS) was 63 minutes a day in lay-out 3. This is even less then in conventional milking systems, where cows are milked twice a day. Ipema et al. (1991) found that the average daily time cows spent in the waiting area and a 2x4 herringbone milking parlour was 69 minutes.

Because the criterium for fetching cows (a milking interval of more than 7 hours at 07:30 h and at 19:30 h) was fairly narrow, 25 to 50 per cent of the milkings for which cows were fetched, take place after a milking interval of less than 8 hours. Lengthening this interval to 12 hours will reduce the number of cows that have to be fetched.

During 'milking' visits there were significant decreases ($p < 0.05$) in the amount of time the cows spent in the AMS, in the milking stalls, and being milked. There were also significant decreases in the milk yield per milking ($p<0.05$). The efficiency of the visits to the AMS was low. On average, during a 'milking visit' the cows spent 52 % of their time being milked. Of the remaining time, they spent 20% in the entrance and exit of the AMS, and 28% in the milking stalls (not milking time). These results are similar to those of Devir (1995) and Winter and Hillerton (1995). Especially in the beginning of the experimental period some cows hesitated to enter the milking stalls. Some of them stood in the area ruminating in this area. Others refused to leave the stall after being milked, mainly because there were still some concentrates in the manger. Efficient use of the milking stalls was affected not only by these types of behaviour, but also by the time it took to attach the cluster..

'No-milking' visits only expected in lay-out 1, where the decision to milk was made in the milking stall. In lay-out 1, the cow paid on average 2.2 'no-milking' to the AMS a day. In the other lay-outs, this rate was only 0.1 to 0.2. Some cows succeeded in manipulating the gate of the SU.

The number of 'failed milking' visits increased. During the 'failed milking' visits there was a significant decrease ($p<0.05$) in the time spent in the AMS and the milking stalls. The relatively high number of 'failed milking' visits was owing to the chosen management procedure. After a 'failed milking' visit the cow was allowed to enter the AMS again. There was no limit to the frequency with which the same cow could visit the AMS after a failed milking. For some cows, the automatic attachment procedure became more problematic during the experiment. These cows learned that after a 'failed milking' there would be another portion of concentrates dispensed during the next visit.

With the duration of the different types of visits, it is possible to make some conjectures about the average amount of time a cow spends in the AMS every day. If we use a daily milking frequency of 3.0, with a milk yield of 10.6 kg per milking, then the machine-on time is 5.9 minutes per 'milking' visit. In a first situation the decision to milk is made in the milking stall (comparable to the situation in lay-out 1). For each cow, the estimated number of daily 'no-milking' visits is 2.0. In a second situation the decision to milk is made in the SU, before the cows can enter the AMS (comparable to the situation in lay-outs 2, 3 and 4). The number of daily 'no-milking' visits per cow goes down to 0.2, and the number of daily 'failed milking' visits is 0.3 (i.e. 10% of the 'milking' visits). Using the mean values of the times in Table 1 (11.2 minutes per 'milking' visit, 3.3 minutes for 'no-milking' visits and 8.7 for 'failed milking' visits) we can calculate that for the first situation each spends 43 minutes a day in the AMS. In the situation with the SU, the time each cow spends in the AMS every day decreases to 37 minutes. Technical devices to accelerate the entrance and exit of the cows are already in use in automatic milking systems on practical farms. In further research there will have to be more

emphasis on ways to improve the cooperation of the cows. Lay-out 4 may be an indication of which direction new developments should take. The cows spent the least time in the AMS in this lay-out, probably because there was one-way traffic in the cowshed. Passing through the AMS (or at least through the SU during 'no-milking' visits) was the only way the cows could reach the feeding area. The prospect of getting feed afterwards might stimulate the cows to speed up on their way through the AMS. Improving the technical performance of the automatic system that locates the teats and attaches the cluster might reduce the waiting time for milking and the number of 'failed milking' visits. In situation 3, the assumption is that the time needed to enter and leave the AMS and the milking stall can be reduced to 1.5 minutes per visit. Improving the technical performance of the system will reduce decreases the waiting time for milking to 2.0 minutes per visit and the number of 'failed milking' visits to 0.15 per cow (5%). The total time for a 'milking' visit to the AMS is now 9.4 minutes. This is higher than in earlier calculations (Ipema, 1996). The total time each cow spends in the AMS can be reduced to 29 min a day. In theory, if the AMS is available for 22 hours a day (2 hours are needed for maintenance and cleaning) 45 cows can be milked three times a day in one milking stall.

Milk synthesis and secretion is controlled by local mechanisms, that can be manupulated by changing the milking frequency (Knight et al.,1996). The first effect is immediately measurable. This is the interval between milkings. The accumulation of milk in the alveoli of the udder suppresses the milk secretion. The results of this experiment indicate that a decrease in the milk secretion because of an increase in the milking interval can be compensated in large part if the next milking interval is shorter. Only when long intervals occur more frequently, with no chance for compensation, will the daily milk yield decrease. This effect will be strengthened because the milking frequency will be lower. In the longer term, a higher milking frequency will result in an increased amount of secretory tissue, which gives a higher milk yield. During this experiment the average milking frequency had a significant effect on the milk yield. The direct effect of the milking interval and the medium-term effect of the milking frequency week will both contribute to the produced daily milk yield. The regression coefficient of 3.42 for milking frequency means that an increase in milking frequency from 2 to 3 times daily would lead to a milk yield increase of about 10%. This calculation confirms earlier research by Ipema and Benders (1992) and Hillerton and Winter (1992).

For up to three minutes the waiting time for milking caused a significant increase in the average milk flow. This results in shorter machine milking times. Longer waiting times did not affect the average milk flow. However, this experiment showed that a long delay in the attachment of the cluster tended to increase the amount of 'not ejected milk' (residual milk). This might point to incomplete milking. If this amount of milk is left in the milk canals and cisterns, and not in the alveoli, it will hardly influence milk secretion in the subsequent hours (Rasmussen, 1996).

5 References

DEVIR, S. (1995): The dairy control and management system in the milking robot farm. Ph.D. Thesis, IMAG-DLO report 95-21: 172 pp.

GENSTAT 5 COMMITTEE (1993): Genstat™ release 3: Reference manual, Clarendon Press, Oxford, UK: 796 pp.

HILLERTON, J.E. & WINTER, A. (1992): The effects of frequent milking on udder physiology and health. In: A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz & W. Rossing (Editors), Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking, EAAP Publication No. 65, Pudoc publishers, Wageningen, Netherlands: 201-212.

HOGEWERF, P.H., HUIJSMANS, P.J.M., IPEMA, A.H., JANSSEN, T. & ROSSING, W. (1992): Observations of automatic tat cup attachment in an automatic milking system. In: A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz & W. Rossing (Editors), Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking, EAAP Publication No. 65, Pudoc publishers, Wageningen, Netherlands: 80-90.

IPEMA., A.H., KETELAAR-DE LAUWERE, C.C. & METZ-STEFANOWSKA, J. (1991): The influence of six times per day milking on milk production, technology and cow behaviour. Report 91-20, IMAG-DLO, Wageningen, The Netherlands, 24 pp.

IPEMA, A.H. & BENDERS, E. (1992): Production, duration of machine-milking and teat quality of dairy cows milked 2, 3 or 4 times daily with variable intervals. In: A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz & W. Rossing (Editors), Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking, EAAP Publication No. 65, Pudoc publishers, Wageningen, Netherlands: 244-252.

IPEMA, A.H. (1996): Integration of robotic milking in dairy housing systems - Review of cow traffic and milking capacity aspects. Computers and Electronics in Agriculture (in press).

KETELAAR-DE LAUWERE, C.C., DEVIR, S. & METZ, J.H.M. (1995): The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. Appl. Anim. Behav. Sci., 49: 199-211.

KNIGHT, C.H., BROWN, J.R. & WILDE, C.J. (1996): Milk secretion: regulation and manipulation. Proceedings of the Symposium on Milk Synthesis, Secretion and Removal in Ruminants, 26/27 April, Berne, Switzerland: 18-21.

RASMUSSEN, M.D. (1996): Efficient milking routines. Proceedings of the Symposium on Milk Synthesis, Secretion and Removal in Ruminants, 26/27 April, Berne, Switzerland: 87-90.

SONCK, B.R. (1996): Labour organisation on robotic milking dairy farms. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University: 201 pp.

WINTER, A. & HILLERTON, J.E. (1995): Behaviour associated with feeding and milking of early lactation cows housed in an experimental automatic milking system. Applied Animal Behaviour Science 46: 1-15.

Eine neue technische Möglichkeit zur Bestimmung der Futteraufnahme von Milchkühen mit Hilfe der Rumentemperaturdifferenzen

JEß, HANS-JÜRGEN[1], HANS-JOACHIM LAUE[1], ERNST LINDEMANN[2]

[1] Fachbereich Landbau der Fachhochschule Kiel, Am Kamp 11, 24783 Osterrönfeld

[2] Institut für Angewandte Nutztierwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin, 10115 Berlin

1 Einleitung

Der Futteraufnahmekapazität kommt bei Milchkühen eine große Bedeutung zu, da sie die Grundlage für einen hohen Kraftfuttereinsatz schafft, vorbeugend gegen Acidose die Speichelproduktion stimuliert und den Einsatz günstigen wirtschaftseigenen Grundfutters prädeterminiert. Studien zur Erblichkeit des Merkmals versprechen Heritabilitäten, die eine erfolgreiche Selektion auf Futteraufnahme möglich erscheinen lassen (MÜLLER, 1994; VAN ARENDONK et al., 1991). Die Kenntnis der individuellen Futteraufnahme ist für eine bedarfsgerechte Ausgleichs- und Kraftfutterzuteilung sowie für eine Berücksichtigung in zukünftigen Zuchtstrategien Voraussetzung.

Da die manuelle Bestimmung der Futteraufnahme - speziell der Grundfutteraufnahme - durch Vor- und Rückwaage erhebliche Kosten der Arbeitserledigung verursacht, bzw. im Laufstall und auf der Weide nicht möglich ist, besteht Interesse an alternativen Methoden zur Bestimmung der Futteraufnahme.

2 Literatur

Mit der Schätzung der Futteraufnahme über Hilfsmerkmale haben sich zahlreiche Autoren beschäftigt (ABLEITER et al., 1991; FRANCKE et al., 1990; KLEINMANS UND POTTHAST, 1984; PALLAUF UND KIRCHGESSNER, 1977u.a.).

LAUE und PETERSEN (1991) untersuchten die auf der linken Rumpfseite nach der Futteraufnahme auftretenden Temperaturschwankungen - die danach benannten Rumentemperaturdifferenzen - und stellten sie in Beziehung zur Futteraufnahme. An ausgewählten Versuchstagen konnten die Rumentemperaturdifferenzen 53% der Grundfutteraufnahmeschwankungen erklären. Durch die Hinzunahme der Kraftfutteraufnahme und der Lebendmasse konnten 87% der Grundfutteraufnahme erklärt werden. Die Vermutung ging dahin, daß mit einsetzender bakterieller Fermentation und damit anfallender Fermentationswärme die unvermeidlichen Wärmeströme auf der linken Rumpfseite zunehmen würden, was sich dann in von der Futteraufnahmemenge abhängigen Temperaturerhöhungen auswirkt.

Anschließende vergleichende Messungen an fistulierten Ochsen ergaben, daß die Temperaturschwankungen direkt im Pansen geringer sind als auf der Hautoberfläche. Es

müssen also neben der Fermentationswärme andere Faktoren für eine Temperaturerhöhung verantwortlich sein.

In unterschiedlichen anschließenden Arbeiten wurde der grundsätzlich positive Zusammenhang zwischen den Rumentemperaturdifferenzen und der Futteraufnahme bestätigt. Quantitative Aussagen konnten jedoch nicht getroffen werden. In dieser Arbeit sollten systematische Einflußfaktoren wie Stalltemperatur, Luftfeuchtigkeit, Lebendmasse, Alter u.a. quantifiziert werden, um letztlich den bereinigten Effekt der Futteraufnahme auf die Oberflächentemperatur zu erhalten.

3 Material und Methode

Der Versuch zur Bestimmung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen mit Hilfe der Infrarotkamera wurde in der Zeit vom 24.11.1993 bis zum 11.12.1993 an 5 hochtragenden Rotbunten Kühen und 3 hochtragenden Rotbunten Färsen durchgeführt. Die Exterieurmerkmale der Probanden sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Mittelwert und Standardabweichung von Alter, Gewicht und Kreuzbeinhöhe der 8 Versuchstiere

	Lebensalter in Monaten	Lebendgewicht in kg	Kreuzbeinhöhe in cm
Mittel	51,5	706,75	137,75
Stdabw.	24,11	67,82	2,49

Nach entsprechenden Vorversuchen wurden drei Futteraufnahmegruppen (niedriges, mittleres und hohes Futteraufnahmeniveau) gebildet, wobei die Gruppe „hohes Futteraufnahmeniveau" nur aus 2 Tieren bestand. Die Futtervorlage für das Einzeltier betrug 80% des Verzehrs im Vorversuch, wodurch gewährleistet war, daß die Ration von allen Tieren komplett verzehrt wurde. An 4 der 16 Versuchstage wurde die morgendliche Trockenmassevorlage noch einmal halbiert. Dadurch wurde die Varianz im Merkmal Grundfutteraufnahme am Morgen künstlich erhöht. Auf Grund der rationierten Fütterung während des Hauptversuches war eine Rückwaage des Futters nicht notwendig. Gefüttert wurde sowohl während des Vorversuches als auch während des Hauptversuches lediglich mit Grassilage.

Die zu erfassenden Daten ergeben sich aus der Aufgabenstellung: Verlauf der Stalltemperatur, Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit im Bereich der Meßstellen, Futteraufnahme, Alter, Lebendmasse, Kreuzbeinhöhe, Rektaltemperatur zur Gesundheitskontrolle und Verlauf der Oberflächentemperatur der linken Rumpfseite.

Der Verlauf der Oberflächentemperatur auf der linken Rumpfseite wurde mit einer Infrarotkamera und dazugehöriger Auswertungssoftware ermittelt. Die Infrarotthermographie ermöglicht berührungslose Temperaturmessung, die unabhängig von der Entfernung zum Meßobjekt ist. Die Infrarotkamera liefert in Echtzeit auf einem Monitor Wärmebilder, sogenannte Falschfarbenbilder, des eingefangenen Objektes. Jedes Bild besteht aus 760x570 Bildpunkten. Jeder dieser Bildpunkte beinhaltet einen Temperaturwert, der durch die

Farbausprägung zum Ausdruck kommt. Bei den Aufnahmen wurde darauf geachtet, daß die Rumpffläche zwischen den vorderen und hinteren Extremitäten immer vollständig im aufgezeichneten Bildausschnitt erfaßt war. Dadurch konnten bei der späteren Auswertung für jedes Tier zu jedem Aufnahmezeitpunkt die Durchschnittstemperaturen aus der gleichen Fläche bestimmt werden. Bei den gemessenen Temperaturen handelt es sich daher um Flächenmitteltemperaturen. Die gewählte Fläche reichte in horizontaler Richtung von der Kniefalte bis zur hinteren Umrißlinie der Vorderextremitäten und in vertikaler Richtung von der Höhe der Kniefalte bis zum dorsalen Umriß des Tieres.

Das Infrarotkamerasystem besteht aus dem Infrarotdetektor, der dazugehörigen Steuereinheit, einem VGA-Monitor zur optischen Kontrolle des eingefangenen Bildausschnittes und einem Notebook mit der eingebauten Bildverarbeitungskarte zur Speicherung der Bilder in digitaler Form. Die Infrarotbilder werden gespeichert, um die Bildauswertung nach Abschluß der Versuche im Büro vornehmen zu können. Auf eine Speicherung der Bilder in digitaler Form schon im Stall kann nicht verzichtet werden. Eine Speicherung in analoger Form auf einem Videoband ist mit Ungenauigkeiten bei der späteren Auswertung verbunden, die nach Herstellerangaben 1°C betragen können.

Die Rumentemperaturdifferenz ergibt sich aus der Summe der senkrechten Höhe der hellgrauen Balkensequenzen (Abbildung 1) und errechnet sich nach folgender Formel:

$$RuTD = \sum_{Uhrzeit=9}^{14} \left(T(\text{Uhrzeit i}) - T(\text{Uhrzeit 8}) \right)^{*)}$$

*): RuTD = Rumentemperaturdifferenz in °C; T(Uhrzeit i) = Temperatur zur Uhrzeit i in °C.

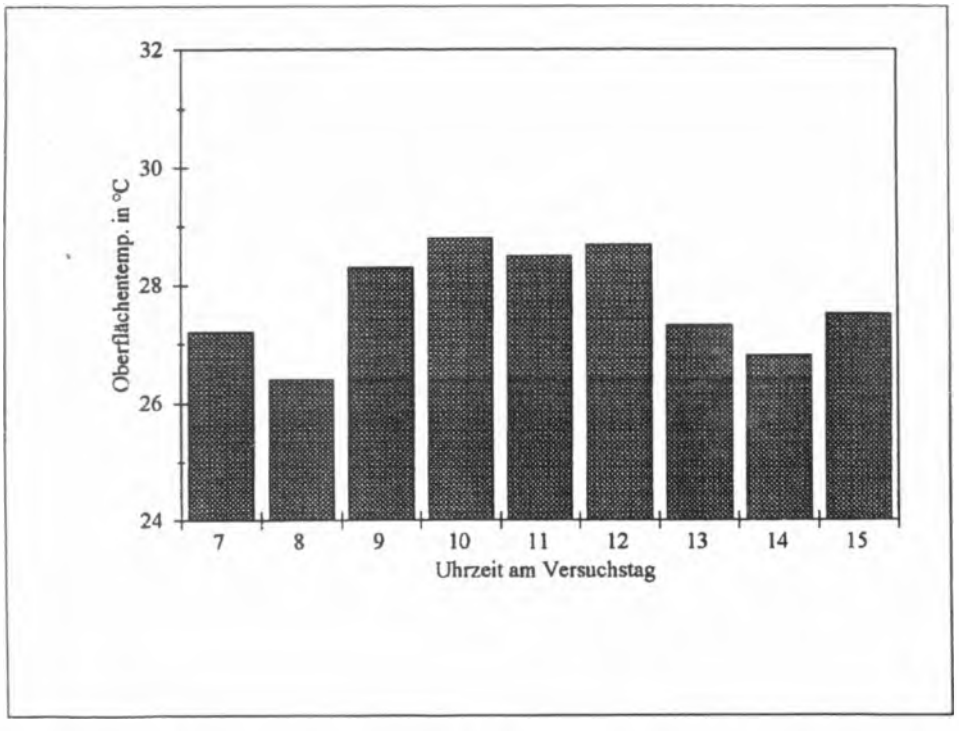


Abb. 1: Schematische Darstellung der Rumentemperaturdifferenz, Tier 5, Versuchstag 2

Analog dazu wurden auch für die Stalltemperatur und die Luftfeuchtigkeit Schwankungsmaße berechnet und ihr Einfluß auf die Rumentemperaturdifferenzen bestimmt. Die so gewonnenen Daten wurden mit dem Statistikprogramm SAS ausgewertet. Mit der Prozedur GLM wurden Varianzanalysen und Kovarianzanalysen zur Bestimmung des Einflusses von Kovariablen durchgeführt. Mit Hilfe der Prozedur REG konnten quantitative Zusammenhänge zwischen verschiedenen Merkmalen ermittelt werden.

Ein Versuchstag begann morgens um 7.00 Uhr mit der Vorlage der abgewogenen Futtermenge. Unmittelbar nach der Futtervorlage schloß sich der erste Meßdurchgang für die Infrarotaufnahmen an. Bis 8 Stunden nach der Fütterung (15.00 Uhr) wiederholte sich dieser Meßdurchgang im stündlichen Abstand, so daß am Ende eines Tages für jedes Tier 9 Infrarotaufnahmen vorlagen. Täglich wurde nach der letzten Messung die Rektaltemperatur zur Überwachung des Gesundheitsstatusses gemessen. Zwei Stunden nach der letzten Messung wurde die abgewogene abendliche Futterration vorgelegt.

4 Ergebnisse

In der Tabelle 2 sind die durchschnittlichen Futteraufnahmen der Versuchstiere aufgeführt. An der Standardabweichung erkennt man, wie sich die Varianz der Futteraufnahme am Morgen gegenüber der Varianz der Futteraufnahme am Abend durch das Fütterungsregime erhöht.

Tab. 2: Ernährungsniveau und Futteraufnahme der im Versuch verfütterten Grassilage*)

	Ernährungs-niveau	Anzahl der Tiertage	Futteraufnahme in kg TM morgens	abends	gesamt
Mittel	1,05	128	3,1	4,2	7,3
Stdabw.			0,92	0,38	1,15
*) : 35% Trockenmasse, 5,4 MJ NEL/kg TM, 170 g RP/kg TM, 255 g Rfa/kg TM					

Die Tabelle 3 zeigt die Einfachkorrelationen zwischen Merkmalen der Futteraufnahme , der Stalltemperatur, des Alters, des Gewichtes, der Größe und den Rumentemperaturen (MRuT, RuTD). Die Futteraufnahme am Morgen korreliert positiv mit der Rumentemperaturdifferenz. Das Merkmal Umgebungstemperaturschwankung (UTS) korreliert positv mit der Rumentemperaturdifferenz. Die Tabelle veranschaulicht auch, daß die absoluten Hauttemperaturen (MRuT) weniger eng mit der Futteraufnahme korrelieren als die Rumentemperaturdifferenzen. Mit Hilfe der Kovarianzanalyse wurden die Faktoren ermittelt, die auf die abhängige Variable Rumentemperaturdifferenz wirken. Die Futteraufnahme am Morgen diente als Klassifizierungsvariable. Alle anderen Variablen wurden auf ihre Eignung als Kovariable überprüft. Die Tabelle 4 enthält das Bestimmtheitsmaß des Modells und den Einfluß der Kovariablen. Auf die Rumentemperaturdifferenz haben das Lebensalter und die Umgebungstemperaturschwankung mit Irrtumswahrscheinlichkeiten von 13 und 16% nur tendenziellen Einfluß. Mit zunehmendem Alter werden die Temperaturschwankungen am Rumpf nach der Futteraufnahme geringer. Mit steigender Umgebungstemperatur steigen auch die Temperaturen am Rumpf (b=0,241°C Hauttemperatursumme/°C Umgebungstemperatur-

summe). Ferner ist zu erkennnen, daß mit zunehmender Kreuzbeinhöhe die Rumentemperaturdifferenzen abnehmen.

Tab. 3: Einfachkorrelationen zwischen ausgewählten Merkmalen und der Rumentemperaturdifferenz sowie der mittleren absoluten Rumentemperatur

	n	FAM 128	FAA	RuTD	MRuT	LA	KBH
FAA	128	0,49 ***					
RuTD	125	0,43 ***	0,03				
MRuT	125	0,15	-0,05	-0,09			
LA	8	0,48 ***	0,89 ***	0,01	-0,05		
KBH	8	0	0,1	-0,13	0,02	-0,13 ***	
UTS	16	0,26 **	0	0,26 **	-0,11	0,01	-0,5 ***
*** : p < 0,1%; ** : p < 1%; * : p< 5%							
FAM: Futteraufnahme am Morgen; FAA: Futteraufnahme am Abend; RuTD: Rumen-temperaturdifferenz; MRuT: Mittlere absolute Rumentemperatur; LA: Lebensalter; KBH: Kreuzbeinhöhe; UTS: Umgebungstemperaturschwankung							

Tab. 4: Die Wirkung der systematischen Einflußfaktoren Kreuzbeinhöhe (KBH in cm), Lebensalter (LA in Monaten) und Umgebungstemperaturschwankung (UTS in °C) auf die Rumentemperaturdifferenz (RuTD in °C) (***: p<0,1%)

Abhängige Variable	Klassifizierungs-variable	Kovariable	Reg.-Koeff.	Irrtumswahr-scheinlichkeit	Bestimmt-heitsmaß
RuTD	FAM	KBH	-0,641	0,02	30,73 ***
		LA	-0,099	0,13	
		UTS	0,241	0,16	

In der Tabelle 5 sind die Korrelationen der nach Tabelle 4 korrigierten Schwankungsmaße aufgeführt. Im Vergleich zu der Beziehung zwischen den unbereinigten Schwankungsmaßen und der Futteraufnahme am Morgen (Tabelle 3) ist die Korrelation deutlich enger geworden. 30,2% der Futteraufnahmeschwankungen können durch die Schwankungen der korrigierten Rumentemperaturdifferenzen erklärt werden. Eine weitere Erhöhung der Korrelation zwischen Rumentemperaturdifferenzen und der Futteraufnahme am Morgen ergibt sich, wenn beide Größen zu Mehrtagesmittelwerten zusammengefaßt werden. 84,6% der Varianz der mittleren Futteraufnahme lassen sich durch die Varianz der mittleren korrigierten Schwankungsmaße erklären. Die Abbildung 2 stellt den Zusammenhang der Beziehung grafisch dar.

Tab. 5: Korrelation zwischen Futteraufnahme am Morgen und der Rumentemperaturdifferenz ($RuTD_{corr}$, 1 Wert je Tier und Tag) nach Korrektur auf Kreuzbeinhöhe, Lebensalter und Umgebungstemperatur gemäß Tabelle 4 sowie deren Mittelwerte (MFAM und $MRuTD_{corr}$, 1 Wert je Tier und Futteraufnahmeniveau) (***: p<0,1%)

	n	FAM		n	MFAM
		128			16
$RuTD_{corr}$	125	0,55 ***	$MRuTD_{corr}$	16	0,92 ***

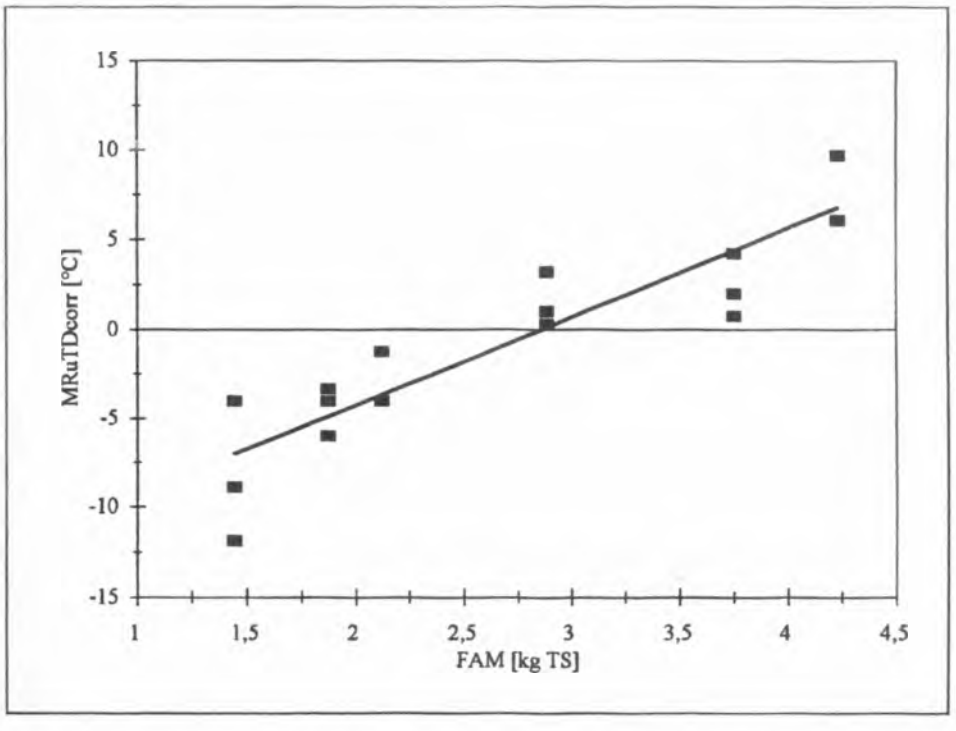


Abb. 2: Beziehung zwischen Futteraufnahme am Morgen und der mittleren auf Kreuzbeinhöhe, Lebensalter und Umgebungstemperaturschwankung korrigierten Rumentemperatur-differenz ($MRuTD_{corr}$, 1 Mittel je Futteraufnahmeniveau)
MRuTDcorr=-12,41+FAM*4,4°C Temperatursumme/kg TM; B=84,7%, n=16

5 Diskussion

In diesem Versuch wurden die Kühe gezielt auf einem niedrigen Fütterungsniveau von ca. 80% der im Vorversuch gemessenen Futteraufnahme gefüttert. Ein Vergleich der Futteraufnahmen mit Ergebnissen an anderer Stelle erübrigt sich daher. Für eine 650 kg schwere Milchkuh wird in der Phase der Hochträchtigkeit ein Ernährungsniveau von 1,4 empfohlen (GRANZ, 1985). Im Rahmen dieser Untersuchungen lagen die Ernährungsniveaus an den einzelnen Tagen zwischen 0,79 und 1,28 (Tabelle 2). Die energetische Unterversorgung mußte auf Grund des speziellen Fütterungsplanes toleriert werden.

Einen Einfluß auf die Hauttemperaturschwankungen innerhalb der Futteraufnahmeklassen zeigten die Einzeltiermerkmale Kreuzbeinhöhe und Lebensalter sowie die Umgebungstemperaturschwankung.

Für den Regressionskoeffizienten der Kovariablen Lebensalter wird ein negatives Vorzeichen ausgewiesen. Jüngere Tiere wiesen innerhalb der Meßperiode höhere Rumentemperaturdifferenzen auf. Für diesen stärkeren Temperaturanstieg können adrenergene Ursachen verantwortlich sein. Jungtiere sind üblicherweise innerhalb einer Herde unruhiger als ältere Tiere. Diese Zeichen der höheren Reizempfindlichkeit wirken sich möglicherweise auch auf die Temperaturschwankungen aus (REINHART, 1988). Den Reiz kann der Meßvorgang dargestellt haben, durch den es in Abhängigkeit vom Lebensalter zu einem mehr oder weniger starken Adrenalinstoß gekommen sein kann. Die gefäßerweiternde Wirkung des Adrenalins sorgt dann für eine Erhöhung der Oberflächentemperatur.

Die Kreuzbeinhöhe zeigt eine signifikante, negative Wirkung auf die Rumentemperatur-differenzen. Der Allenschen Regel folgend besitzen größere Tiere im Verhältnis zu ihrem Körpervolumen eine relativ kleinere Körperoberfläche. Durch diese relativ kleinere Körperoberfläche ist auch die Fläche zur Abgabe von Wärme relativ zum metabolischen Körpergewicht kleiner. Die größeren Tiere kühlen in der langen Phase ohne Futter, die abends ungefähr um 23.00 Uhr beginnt, nicht so stark aus. Sie besitzen eine höhere Ausgangstemperatur zu Beginn der Meßperiode. Diese Ausgangstemperatur ist der Subtrahend für die Bildung der aufzusummierenden Differenzen. Eine hohe Ausgangstemperatur, die wie beschrieben durch die Körpergröße beeinflußt sein kann, wirkt dann natürlich vermindernd auf die Höhe des Schwankungsmaßes.

Die Schwankung der Umgebungstemperatur zeigt eine positive Wirkung auf das Hauttemperaturschwankungsmaß. Auch ROHWER (1993) hatte in seinen Versuchen positive Korrelationen zwischen den Schwankungen der Umgebungstemperatur und denen der Hauttemperatur herausgefunden. Wenn innerhalb der Meßperiode die Umgebungstemperatur steigt, dann folgt die Hauttemperatur dieser Steigerung. Der Regressionskoeffizient beträgt 0,24 °C RuTD/°C UTS. Wenn bei gleichen Wärmeproduktionsmengen und steigender Umgebungstemperatur die Wärmeabgabe gleich bleiben soll, dann muß die Oberflächentemperatur steigen, um den Temperaturgradienten aufrecht zu erhalten.

Der Tabelle 5 ist zu entnehmen, daß sich die Beziehung zwischen den bereinigten Rumentemperaturdifferenzen und der Futteraufnahme am Morgen durch die Bildung von Mittelwerten aus den korrigierten Temperaturschwankungen für jedes Tier über die Versuchstage, an denen das Versuchstier die gleiche Futtermenge vorgelegt bekam, noch einmal deutlich erhöht. Das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß sonstige, nicht erfaßte Einflußfaktoren auf die Oberflächentemperaturen des Rumpfes vermittelt wurden.

Das Bestimmtheitsmaß für die Schätzung der Futteraufnahme über die mittleren korrigierten Rumentemperaturdifferenzen liegt bei 84,6%. Mit jedem zusätzlich am Morgen aufgenommenen kg Trockensubstanz erhöht sich die mittlere korrigierte Rumentemperaturdifferenz um 4,4°C Temperatursumme/kg TM. Die absoluten Temperaturen erhöhten sich nur um durchschnittlich 0,7°C/kg TS.

Die mit der Fütterung einsetzende mikrobielle Verdauung im Rumen der Kuh sorgt für die Freisetzung von kurzkettigen Fettsäuren, die zum größten Teil durch die Pansenschleimhaut resorbiert werden. Da die Steuerung der Schleimhautdurchblutung sehr stark von der Nährstoffkonzentration des abgeführten Blutes abhängt, wird die Blutzufuhr in die Rumenschleimhaut mit zunehmender Fettsäurenfreisetzung gesteigert. Als Regulationsmechanismen dienen aktiv steuerbare Ventile, die in Ruhephasen so eingestellt sein können, daß 50% des Herzschlagvolumens um die Kapillaren herumgeführt wird (SPÖRRI,

1987). Der Wärmeaustausch ist in größeren Blutgefäßen weniger effektiv. Die stärkere Durchblutung der Kapillaren in Folge der Fettsäurenresorption kann also durchaus eine Erwärmung der Körperoberfläche bewirken. Größere Mengen zu resorbierender Fettsäuren, die durch höhere Futtermengen entstehen, erhöhen den Blutdurchfluß in den unter der Pansenschleimhaut liegenden Kapillaren, wodurch mehr Wärmeenergie aus dem Körperkern in die Körperperipherie geführt wird. Die größere Wärmemenge kann für zunehmende Rumentemperaturdifferenzen verantwortlich sein. Da auf der Rumpfoberfläche keine Ateriovenösen Anastomosen (AVA) und nur wenige effektive Schweißdrüsen bekannt sind (HÖRNICKE, 1987), kann die durch Pansenfermentation induzierte Temperaturschwankung nicht durch aktive Thermoregulationsmechanismen überlagert werden.

6 Zusammenfassung

An 8 trockenstehenden Kühen der Rasse Schwarzbunt und Rotbunt (707±68kg Lebendgewicht) wurde an 16 aufeinanderfolgenden Versuchstagen die Futteraufnahme (7,3±1,2kg TM) erfaßt. Parallel wurden Stalltemperatur und -luftfeuchtigkeit registriert, sowie mit einer Infrarotkamera der Hauttemperaturverlauf auf der linken Rumpfseite jeder Kuh bis 8 Stunden nach der morgendlichen Fütterung ermittelt.

Die mittlere gemessene Hauttemperatur lag bei 29,3±1,9°C. Die Hauttemperaturschwankungen wurden durch die Futteraufnahme, die Kreuzbeinhöhe, das Alter der Versuchstiere und die Umgebungstemperaturschwankung beeinflußt. Nach ihrer Korrektur um die Faktoren Kreuzbeinhöhe, Lebensalter und Umgebungstemperaturschwankung und Bildung von Mehrtagesmittelwerten konnten 85% der morgendlichen Futteraufnahmeschwankungen durch die Varianz der Hauttemperaturschwankungen (Rumentemperaturdifferenzen) erklärt werden.

Die beobachteten Zusammenhänge gelten nur für die versuchsspezifischen Gegebenheiten. Die Varianz der morgendlichen Futteraufnahme war durch das gesteuerte Fütterungsregime künstlich erhöht worden, und das Niveau der Futteraufnahme war sehr niedrig. Insbesondere vor dem Hintergrund einer möglichen Anwendung dieser Ergebnisse zur Selektion von Kühen mit hoher Futteraufnahme für die züchterische Bearbeitung dieses Merkmals ist es von Interesse, wie sich die Beziehungen im Bereich hoher Futteraufnahmen verhalten.

Unter Verwendung alternativer Meßtechniken wie zum Beispiel subcutan messender Thermochips sollte in weiteren Untersuchungen die Übertragbarkeit auf andere Milchviehrassen und die Auswirkung verschiedener Futterqualitäten geklärt werden.

7 Literatur

ABLEITER, H.; DOLUSCHITZ, R.; MOMM, H.; ZEDDIES, J.; FEWSON, D. (1991): Züchterische Verbesserung der Grundfutteraufnahme beim Rind in Betrieben mit Kraftfutterautomaten, Züchtungskunde 63, S. 31-41

FRANCKE , H.; JUNGE, W.; KALM, E. (1990): Grundfutteraufnahme von Milchkühen unter besonderer Berücksichtigung von Verhaltensparametern 2. Mitteilung: Ansätze zur Schätzung der Grundfutteraufnahme, Züchtungskunde 62, S. 468-480

GRANZ, E (1985): Tierproduktion, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

HÖRNICKE, H. (1987): Thermophysiologie, in : SCHEUNERT, A. und TRAUTMANN, A.: Lehrbuch der Veterinär-Physiologie, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

KIRCHGESSNER, M. (1987): Tierernährung, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

KLEINMANS, J. UND POTTHAST, V. (1984): Zur Verdrängung von Grundfutter durch Kraftfutter in der Milchviehfütterung, Übers Tierernährung 12, S. 165-186

LAUE, H.J. UND PETERSEN, U. (1991): Beziehungen zwischen Temperaturdifferenzen im Pansen und der Grundfutteraufnahme von Milchkühen, Züchtungskunde 63, S. 282-293

MATHIAS, J. UND WENIGER, J.H. (1990): Untersuchungen zum Energieumsatz von laktierenden Kühen unter Wärmebelastung 5. Mitteilung: Zum Einfluß von Meßzeitpunkt und Meßhäufigkeit zur Bestimmung der täglichen Wärmeproduktion beim laktierenden Rind, Züchtungskunde 62, S. 129-140

MÜLLER, U. (1994): Züchterische und physiologische Bewertung von Merkmalen der Effizienz beim Milchrind und Möglichkeiten ihrer indirekten genetischen Verbesserung, Dissertation Berlin

PALLAUF, J. UND KIRCHGESSNER, M. (1977): Zur Grundfutteraufnahme von Milchkühen der Rasse Deutsches Fleckvieh und Red Holstein-Frisian-Kreuzung, Züchtungskunde 49, S. 120-137

REINHART, E. (1988): Untersuchungen über die Einsatzmöglichkeiten der Infrarot-Thermometrie in der Rinder- und Schweinehaltung, Dissertation München

ROHWER, H. (1993): Der Einfluß von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit auf das Wärmebild von Milchkühen, ermittelt mit einer Infrarot-Kamera, Diplomarbeit Fachhochschule Kiel

SPÖRRI, H. (1987): Blutkreislauf, in: SCHEUNERT, A. und TRAUTMANN, A.: Lehrbuch der Veterinärphysiologie, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

VAN ARENDONK, J.A.M.; NIEUWHOF, G.J.; VOS, H.; KORVER, S. (1991): Genetic aspects of feed intake and efficiency in lactating dairy heifers, Livestock Production Science 29, S. 263-275

Die elektronische Kennzeichnung von Rindern mit Injektaten- Ein Vergleich verschiedener Injektionsorte unter Berücksichtigung verfahrenstechnischer Aspekte

Klindtworth, Michael und Wendl, Georg

Bayer. Landesanstalt für Landtechnik, Techn. Universität München, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising-Weihenstephan

1 Einleitung

Die elektronische Tierkennzeichnung ist heute in vielen landwirtschaftlichen Betrieben unverzichtbare Praxis. Hierbei werden vor allem Transponder in Form von Halsbändern oder Ohrmarken in der Prozeßtechnik bei der Fütterung, Leistungskontrolle oder Selektion genutzt. Injizierbare Transponder stellen im Vergleich zu den genannten Applikationsformen eine erheblich fälschungssichere Form der Tierkennzeichnung dar, die bei der Herkunfts- und Qualitätssicherung immer mehr an Bedeutung gewinnt. Diese Art der Kennzeichnung hat sich bei der Zoo- und Kleintierregistrierung seit Jahren bewährt, sie fand jedoch in der praktischen Rinderhaltung aufgrund herstellerspezifischer Technologie bisher kaum Anwendung. Mit der Einführung internationaler Normen für die Codestruktur (ISO 11 784) und die Transpondertechnik (ISO 11 785) sind diese Schwächen nunmehr aufgehoben. Eine Einführung injizierbarer Transponder ist jedoch nur dann zu erwarten, wenn eine Reihe von Anforderungen erfüllt werden:

- Die Injektate sollten tierverträglich, einfach und schnell zu applizieren sein. Sie sollten weder verloren gehen, noch sonstige Funktionsausfälle zeigen.
- Die Leistung der Injektate sollte im Hinblick auf die Lesereichweite ausreichend sein, um eine sichere Identifizierung an allen Bedarfsstellen zu ermöglichen.
- Der Injektionsort sollte so gewählt werden, daß eine einfache Entnahme im Schlachthof möglich ist und keine wertvollen Fleischteile beeinträchtigt werden.

Im Hinblick auf diese Vorgaben wurden im Rahmen eines EU - Projektes drei verschiedene Injektionsorte beim Rind untersucht.

2 Material und Methoden

Ausgehend von Erfahrungen in vorangegangenen Untersuchungen (KERN et al. 1995) wurden injizierbare Transponder des Systems TIRIS von Texas Instruments (Größe: 23 x 3,8 mm; Typenbezeichnung: RI-TRP-RRHB) ausgewählt, die bei männlichen Jungrindern der Rasse Fleckvieh im Alter von 7 bis 20 Wochen auf insgesamt 3 Betrieben injiziert wurden. Als Injektionsort wurde das Scutulum (Dreiecks- oder auch Schildknorpel genannt; n = 124), die Oberlippe (n = 116) und die Achselhöhle (n = 120) ausgewählt (Abbildung 1). Allen drei Injektionsorten werden verschiedene Vor-und Nachteile hinsichtlich Applikation, Nutzung und Entnahme zugeschrieben, die während der Lebensdsdauer der Mastbullen (15-18 Monate) ermittelt wurden.

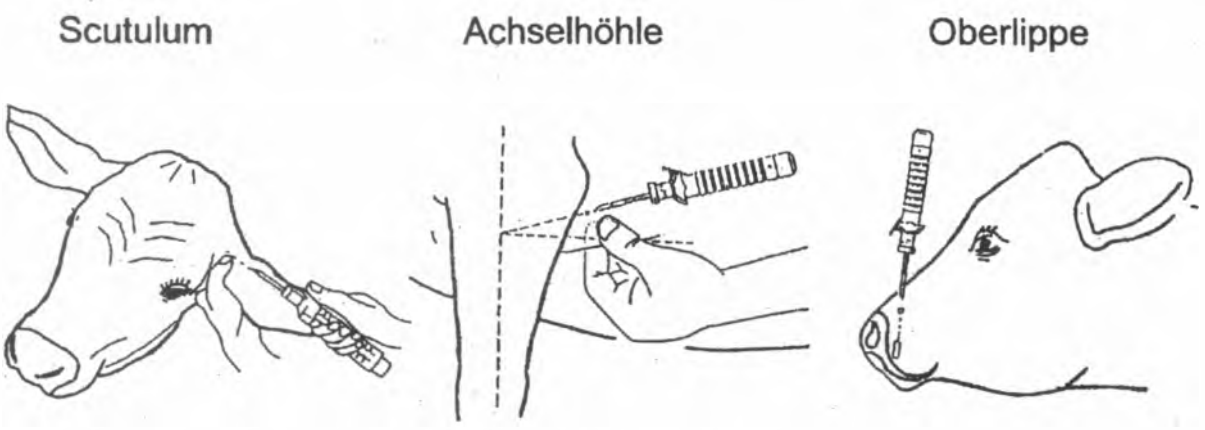


Abb. 1: Ausgewählte Injektionsorte für Transponder beim Rind

In Zusammenhang mit der Injektion wurde die Arbeitszeit erfaßt, um eine vergleichende Einordnung zwischen den Injektionsorten und zu bisher üblichen Kennzeichnungsformen zu ermöglichen. Dabei wurden zwei verschiedene Injektionsgeräte, ein Einzelinjektionsstift (sog. "single-shot") und eine magazinfähige Injektionspistole (sog. "multi-shot") eingesetzt. Reaktionen des Tieres auf die Injektion wurden kurz nach der Injektion und am darauffolgenden Tag festgehalten. Über die Mastperiode erfolgte die Dokumentation der Verluste und Ausfälle bis zur Schlachtung. Außerdem wurde ein Betrieb mit einer elektronischen Identifizierung auf der Viehwaage ausgerüstet, um die Praxistauglichkeit des Systems zu überprüfen. Zusätzlich wurde die Auslesesicherheit bei der Tierpassage in einem Treibgang ermittelt.

Mit Rücksicht auf die arbeitswirtschaftlichen Untersuchungen zur Transponderentnahme im Schlachthof wurde ein Teil der Tiere im Versuchsschlachthof der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub geschlachtet. Die Schlachtung der restlichen Tiere fand in zwei kommerziellen Schlachthöfen statt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Applikation

Die Injektion eines Transponders erfordert eine sorgfältige Arbeitsweise und eine mehr oder weniger starke Tierfixierung. Um diese zu gewährleisten, war bei der Kennzeichnung in die Oberlippe, unter das Scutulum und in Einzelfällen auch bei der Injektion in die Achselhöhle eine zweite, helfende Person zum Fixieren des Tieres anwesend. Entsprechend den betrieblichen Gegebenheiten erfolgte die Markierung entweder im Selbstfangfreßgitter oder auf einer Viehwaage. Eine grobe Einordnung des Arbeitszeitaufwandes ist in Tabelle 1 dargestellt. Unabhängig von der Tiergröße und vom verwendeten Injektionsgerät zeigte die erforderliche Arbeitszeit eine große Streuung der Werte zwischen 125 und 275 cmin pro Einzeltier. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Injektionsvorgang nicht nur das Ablegen des Transponders, sondern auch die Vorbereitung des Injektionsortes und -gerätes, sowie die Nachkontrolle umfaßte. Ein allgemeingültiger Vergleich der Arbeitszeiten in Abhängigkeit vom Injektionsort ist nicht möglich, da die Randbedingungen nicht identisch waren. So mußten bei manchen Tieren von Seiten des Betriebes oder versuchstechnisch bedingt zusätzliche Behandlungsmaßnahmen während der Kennzeichnung mit durchgeführt werden.

Außerdem unterscheidet sich die Handhabung der Injektion in Abhängigkeit von der Körperseite. Generell ist festzuhalten, daß die Injektion in die Achselhöhle einfacher und leichter zu bewerkstelligen ist als bei den anderen beiden Injektionsorten.

Tab. 1: Erforderlicher Zeitaufwand für die Kennzeichnung von Rindern mit Injektaten

Ort	Tier-zahl [n]	Alter bei Injektion [Wochen]	Injektionsgerät	Zeitaufwand pro Tier [cmin]	Anzahl Arbeits-personen
Scutulum	124	7-20	single-shot	173-205	2
Achselhöhle	120	8-10	multi-shot	125-242	1-2
Oberlippe	116	7-20	single-shot	167-193	1-2

Die palpatorische und adspektorische Untersuchung der Injektionsstelle am Tag nach der Injektion ließ in Abhängigkeit vom Injektionsort unterschiedliche Reaktionen erkennen (Tabelle 2). In einigen Fällen zeigte sich bei den Transpondern in der Oberlippe eine leichte Schwellung des Gewebes am Tag nach der Injektion. Bei der darauffolgenden Tierkontrolle waren diese Schwellungen jedoch nicht mehr tastbar. Bei der Injektion der Transponder unter das Scutulum konnten derartige Reaktionen genauso wenig wie bei der Achselhöhle festgestellt werden, so daß bei diesen Injektionsorten von einer insgesamt guten Gewebeverträglichkeit ausgegangen werden kann, die damit die Angaben in der Literatur (u.a. GABEL und WEISBRODE, 1987; GHANTA und EDMONDSON, 1990) bestätigt. Geringe Blutungen wurden vereinzelt bei allen drei Injektionsorten (5,6 % beim Scutulum, 0,8 % bei der Achselhöhle und 7 % in der Oberlippe) beobachtet. Diese Blutungen führten jedoch zu keiner weiteren Beeinträchtigung des Tieres. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten kann der Transponder beim jungen Tier unter dem Scutulum nur selten, in der Achselhöhle häufiger und in der Oberlippe in mehr als der Hälfte aller Fälle gefühlt werden. Somit kann die Lage des Transponders im Tier nicht in jedem Fall eindeutig kontrolliert werden.

Tab. 2: Palpatorische und Adspektorische Untersuchung der Injektionsstelle

Ort	Versuchs - Nr. und Tierzahl [n]	Kontrolle	Zweite Injektion erfor-derlich	fühl-bar	geringe Blutung	Gewebe-Reaktion (Schwellung)
Scutu-lum	S1 [44]	bei Injektion	-	-	5	-
		am Tag danach	-	2	-	-
	S2 [49]	bei Injektion	-	-	1	-
		am Tag danach	-	1	-	-
	S3 [31]	bei Injektion	-	-	-	-
		am Tag danach	-	-	-	-
Achsel-höhle	A1 [96]	bei Injektion	2	4	1	2
		nach 2 Monaten	-	17	-	-
	A2 [24]	bei Injektion	-	13	-	-
		nach 2 Monaten	-	-	-	-
Ober-Lippe	L1 [24]	bei Injektion	1	9	-	-
		am Tag danach	-	14	-	-
	L2 [44]	bei Injektion	-	15	4	1
		am Tag danach	-	24	-	-
	L3 [24]	bei Injektion	-	*	2	1
		am Tag danach	-	18	-	-
	L4 [24]	bei Injektion	-	*	1	-
		am Tag danach	-	19	-	2

* Es wurde keine Palpation durchgeführt

3.2 Nutzung

Die Ergebnisdarstellung der Transponderfunktion bis zur Schlachtung umfaßt zwei Bereiche:

1. die Dauerfunktion, d.h. die Anzahl ausgefallener Transponder im Verhältnis zur Anzahl eingesetzter Transponder und
2. die technische Leistungsfähigkeit in Verbindung mit der landwirtschaftlichen Prozeßtechnik, die hier am Beispiel der Identifizierung auf einer Viehwaage vorgestellt und erörtert werden soll.

Abgesehen von einer Nachkennzeichnung in 3 Fällen direkt bei der Injektion, ging bis zur Schlachtung kein Transponder verloren. Technisch defekte Transponder (vermutlich aufgrund von Glasbruch) kamen dagegen bei allen drei Injektionsorten vereinzelt vor. Von 124 unter den

Schildknorpel injizierten Transpondern kamen nach Abzug der Tierabgänge 108 zur Schlachtung. Von diesen waren 107 (=99,1 %) lesbar. In der Achselhöhle fiel ebenfalls nur ein Transponder aus, so daß bei der Schlachtung von 112 Tieren 111 lesbar waren (=99,1 %). Eine höhere Ausfallrate zeigte sich dagegen bei den Transpondern in der Oberlippe. Hier kamen 108 von 116 Transponder zur Schlachtung, von denen 103 (=95,3 %) lesbar waren.

Der Leseabstand und damit die Nutzungsmöglichkeit von Transpondern in der Prozeßtechnik steht in enger Beziehung zur Orientierung des Transponders zur Leseantenne. Aufgrund der physikalischen Zusammenhänge bei der induktiven Energieübertragung ist die maximale Lesedistanz dann gegeben, wenn der Transponder mittig und senkrecht zur Ebene der Antenne ausgerichtet ist (KERN et al. 1995). Liegt er dagegen parallel zur Antenne, so wird er nicht in der Mitte vor der Antenne identifiziert, sondern nur in einem geringeren Abstand am Randbereich der Antenne. Abbildung 2 macht diesen Zusammenhang am Beispiel der 3 Injektionsorte deutlich.

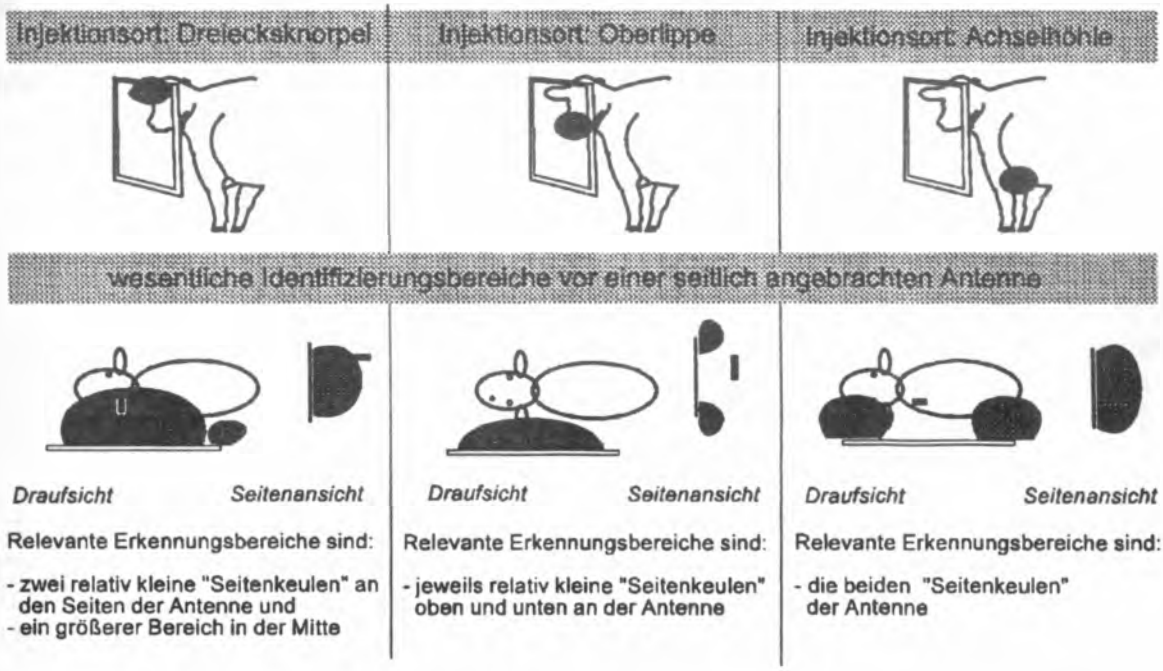


Abb. 2: Applikationsorte von injizierbaren Transpondern beim Rind und deren entsprechende Erkennungsbereiche

Wird der Transponder unter das Scutulum injiziert, so steht er bei normaler Tierbewegung rechtwinklig zu einer seitlich angebrachten Antenne. Hier ist die Ausdehnung des "Erkennungsfeldes" am größten. Bei der Injektion in die Oberlippe liegt der Transponder subcutan und damit parallel zur Antennenoberfläche. Er wird folglich vor allem am oberen und unteren Rahmen der Antenne erkannt, wobei der maximale Leseabstand bei dieser Orientierung geringer ist. Bei der Injektion in die Achselhöhle liegt der Transponder ebenfalls parallel zur Antennenoberfläche, sein Abstand zur Antenne ist in der Regel jedoch erheblich geringer als bei der Applikation am Kopf, wenn man davon ausgeht, daß die Antenne seitlich in einem Treibgang oder auf einer Waage installiert ist.

Ein Vergleich dieses theoretischen Ansatzes mit den Erfahrungen aus der Praxis zeigt, daß eine sichere Identifizierung stehender Tiere sowohl bei Transpondern in der Achselhöhle (> 99%) als auch im Scutulum (> 99%) möglich ist. Der Injektionsort Oberlippe zeigte dagegen keine zufriedenstellende Identifizierungssicherheit (ca. 60%) auf einer Viehwaage, bei der die Antenne seitlich am Aufbau montiert wurde. Die Ergebnisse zur Erkennungsrate wurden bei der dynamischen

Identifizierung der Transponder während der Tierpassage im Treibgang bestätigt. Auch hier zeigte die Oberlippe im Vergleich zur Achselhöhle bzw. zum Scutulum die geringste Sicherheit bei der Identifizierung.

3.3 Entnahme

In engem Zusammenhang zur Nutzung injizierbarer Transponder steht deren Entnahme im Schlachtprozeß. Es ist offensichtlich, daß sich diesbezüglich Unterschiede in Abhängigkeit vom Injektionsort ergeben. Sowohl die subcutane Injektion im Bereich der Oberlippe als auch die Applikation unter das Scutulum erlauben ein zweiphasiges, "indirektes" Vorgehen, bei dem die Abtrennung des Transponders vom übrigen Schlachtkörper am Schlachtband erfolgt und der zweite Schritt, das eigentliche Herausschneiden des Transponders aus dem Gewebe, unabhängig von der Schlachtgeschwindigkeit erfolgen kann. Im Gegensatz dazu ist die Transponderentnahme in der Achselhöhle nur direkt am Schlachtband in Verbindung mit der Enthäutung möglich. Abbildung 3 zeigt die notwendige Arbeitszeit einer Arbeitsperson zum Abtrennen und Herausschneiden eines Transponders in Abhängigkeit vom Injektionsort.

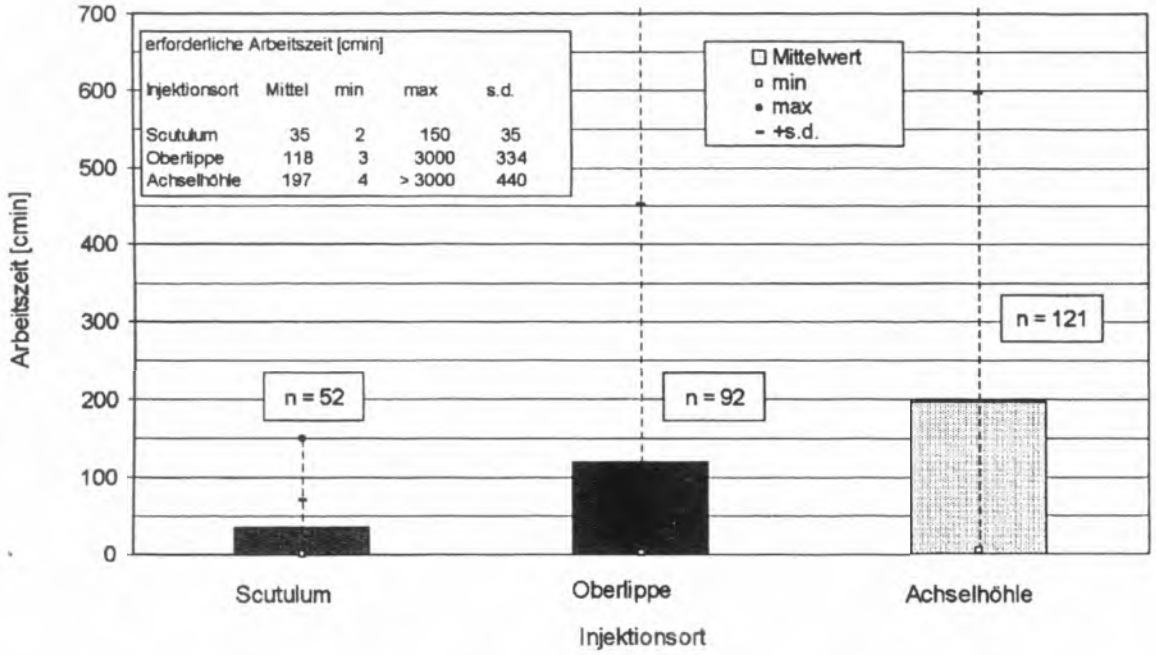


Abb. 3: Arbeitszeitaufwand für die Entnahme injizierter Transponder beim Rind in Abhängigkeit vom Injektionsort (eine Arbeitsperson)

Aufgrund der Rahmenbedingungen in kommerziellen Schlachtbetrieben konnten nicht bei allen Tieren detaillierte Daten erhoben werden, so daß die Arbeitszeit beim Scutulum in 52, bei der Oberlippe in 92 und bei der Achselhöhle in 121 Fällen ermittelt wurde. Die Arbeitszeit umfaßt alle Schritte vom ersten Schnitt bis zur endgültigen Entnahme des Transponders aus dem umliegenden Gewebe. Abbildung 3 verdeutlicht die Unterschiede der gemessenenen Arbeitszeiten innerhalb und zwischen den Injektionsorten. Insbesondere die Maximumwerte demonstrieren anschaulich, daß eine Entnahme von Transpondern aus der Achselhöhle z.T. nur mit erheblichem Zeitaufwand möglich ist. Ein Vergleich der notwendigen Arbeitszeit zeigt, daß beim Scutulum im Mittel 35 cmin benötigt werden. Bei der Entnahme aus der Oberlippe steigt der Zeitbedarf auf den etwa 3-fachen

Wert (118 cmin), bei der Entnahme aus der Achselhöhle sogar auf den 5,5-fachen Wert an. Wird die ermittelte Arbeitszeit mit der Zeit verglichen, die tatsächlich am Schlachtband zur Verfügung steht, so werden die Unterschiede besonders deutlich. Unter der Annahme, daß moderne Schlachtbetriebe mit einer Geschwindigkeit von etwa 80 Tiere/h arbeiten, ergibt sich ein Arbeitstakt von 75 cmin/Tier. Nimmt man diesen Wert als Schwellenwert für eine „praktikable Entnahme" an, so fallen sowohl die Oberlippe als auch die Achselhöhle als Injektionsorte beim Rind aus. Dies gilt umso mehr, wenn die aufgetretenen Extremwerte von über 30 min/Transponder mit berücksichtigt werden. Die Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß die Transponderentnahme im Routineschlachtablauf derzeit nur beim Injektionsort Scutulum möglich ist, wenn das Personal entsprechend geschult ist.

4 Zusammenfassung und Fazit

In der vorgestellten Untersuchung, bei der insgesamt 360 injizierbare Transponder bei Rindern eingesetzt wurden, hat sich gezeigt, daß die an das Injektat gestellten Anforderungen bezüglich der Ausfall- und Lesesicherheit grundsätzlich erfüllt wurden. Die Ausfälle lagen bei den Injektionsorten Scutulum und Achselhöhle unter 1 %. Vor dem Hintergrund der Nutzbarkeit in der Prozeßsteuerungstechnik ergaben sich jedoch in Abhängigkeit vom Injektionsort Unterschiede. Am Beispiel der Identifizierung auf einer Viehwaage wurde deutlich, daß Transponder im Scutulum und in der Achselhöhle mit nahezu 100 %iger Sicherheit bereits erkannt wurden, wenn die Tiere die Waage betraten. Transponder, die in der Oberlippe appliziert waren, wurden dagegen erst später, häufig auch gar nicht von der seitlich installierten Antenne erkannt. Besonders deutlich wurden die Unterschiede zwischen den Injektionsorten auch bei der Entnahme der Transponder im Schlachtprozeß. Für das Abschneiden und Herauspräparieren des Injektates aus dem umliegenden Gewebe waren beim Scutulum im Mittel 35 cmin notwendig. Bei der Oberlippe wurden hierfür dagegen 118, bei der Achselhöhle sogar 197 cmin benötigt. Faßt man die dargelegten Ergebnisse bewertend zusammen, so wird deutlich, daß der Injektionsort Scutulum im Vergleich zu den beiden übrigen erhebliche Vorteile hat (Tabelle 3). Aufgrund der bisher vorliegenden Ergebnisse gilt dies auch für die Verwendung von Injektaten, bei denen zusätzliche Sensoren (z.B. für die Körpertemperatur) integriert sind (AUERNHAMMER, 1995; WENDL et al., 1995).

Offen bleibt die Frage, ob zukünftig parallel zu weiterentwickelten injizierbaren Transpondern auch andere Applikationsformen an Bedeutung gewinnnen werden. Dies gilt insbesondere für die in jüngster Zeit diskutierten Pansenboli, die wie die üblichen Käfigmagneten zur Fremdkörperfestlegung im Vormagentrakt abgelegt werden. Mit diesem System liegen ebenfalls erste positive Erfahrungen bei Wiederkäuern vor.

Tab. 3: Zusammenfassende Einordnung von verschiedenen Injektionsorten beim Rind

	Merkmal	Scutulum	Achselhöhle	Oberlippe
Injektionsort allgemein	Definierbarkeit der Injektionsstelle	++	-	+
	mechanischer Schutz	++	++	--
	Eignung zur Temperaturmessung	+	?	-
	gute anatomische Platzverhältnisse	+/-	++	+/-
	Kontrollmöglichkeit (Palpation)	-	+/-	++
	einfache Injektion beim Kalb	+	++	+/-
Injektion	Tierreaktion bei der Injektion	++	++	++
	Injektion durch 1 Person möglich (bei Kalb)	+/-	++	+/-
Auslesung	Auslesung mit mobilem Lesegerät	++	+/-	++
	Leseeffizienz in statischen Anwendungen (z.B.Waage, Fütterungsstation)	++	++	+/-
	Leseeffizienz in dynamischen Anwendungen (Tierpassage)	+	++	--
Entnahme	Wiedergewinnung beim Schlachten	++	+/-	+
	keine Beeinträchtigung wertvoller Fleischteile	++	+/-	+
	kein Risiko, daß Transponder in konsumierbarem Fleisch verbleibt	++	+/-	++
Gesamturteil		++	+	-

Zeichenerklärung: + positiv zu bewerten; - negativ zu bewerten, ? nicht geklärt

5 Literatur

AUERNHAMMER, R. (1995): Untersuchungen über die Eignung verschiedener Körperstellen zur automatisierten Messung der Körpertemperatur beim Rind. Dissertation München 1995

GABEL, A.A.UND S.E. WEISBRODE. (1987): An electronic identification system for horses. In: Modern Veterinary Practice; Vol. 68; No. 11/12; S. 544-547

GHANTA, N.R. UND J. EDMONDSON (1990): Tissue reaction to an implantable identification device in mice. In: Toxicologie Pathologie; Vol. 18; No. 3; S. 412 ff.

KERN, C.; M. KLINDTWORTH; G. WENDL UND H. PIRKELMANN (1995): Injizierbare Transponder in der Rinderhaltung . In: Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 2. Internationalen Tagung vom 14. und 15. März 1995 in Potsdam; S. 123-130.

WENDL, G.; K. KLINDTWORTH UND M. WAGNER (1995): Gläserne Kuh - Elektronische Hilfsmittel erleichtern die Tierbeobachtung. In: Der Tierzüchter Nr. 12/1995 S. 32-35

Das Projekt wurde durch die EU gefördert.

Überprüfung computergestützer, bodennaher Flüssigmistausbringsysteme hinsichtlich ihrer Längs- und Querverteilung

Schattner-Schmidt, Silvia; Claus-Ulrich Honold; Hans Stanzel; Andreas Gronauer; Hans Schön

Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik; Technische Universität München; Freising-Weihenstephan; D-85350 Freising

1 Einleitung und Problemstellung

In Deutschland fallen in der tierischen Produktion erhebliche Mengen an Wirtschaftsdünger an, die im Rahmen der Kreislaufwirtschaft wieder zur Pflanzenproduktion eingesetzt werden sollen. Bei der Verwertung betriebseigener Dünger kommt es durch Anwendungsfehler oder dem Einsatz unzureichender Technik unter Umständen zu erheblichen Nährstoffverlusten. Gefordert werden für die Zukunft Flüssigmistausbringsysteme, mit denen die auf dem Betrieb anfallenden Nährstoffe mit einer sich der mineralischen Düngung annähernden Verteilqualität ausgebracht werden können. Vor diesem Hintergrund wurden an der Landtechnik Weihenstephan in den Jahren 1994-96 unterschiedliche Flüssigmistausbringsysteme hinsichtlich ihrer Längs- und Querverteileigenschaften untersucht.

Das Hauptziel zur Verminderung der Stickstoffverluste im Bereich der Flüssigmistausbringung liegt in einer Erhöhung der Stickstoffeffizienz. Dazu muß es möglich sein, die Nährstoffe im Flüssigmist annähernd so pflanzenbedarfsgerecht , wie bei der Applikation von Mineraldünger einzusetzen.

2 Lösungsansätze

Um den obengenannten Anforderungen gerecht zu werden, sind an die Flüssigmistausbringtechnik folgende Bedingungen zu stellen:

- Eine einfache Dosierung und Kontrolle der Ausbringmenge in einem Bereich von 5-40 m^3/ha
- eine möglichst exakte Verteilgüte in Längs- und Querrichtung (niedriger Variationskoeffizient)
- eine Technik, die den Flüssigmist in Abhängigkeit der zu düngenden Kultur zwischen den Pflanzen auf den Boden oder in die Krume appliziert

3 Relevante Einflußgrößen

Die bedarfsgerechte Düngung mit Flüssigmist ist vor allem abhängig vom Nährstoffgehalt und den Fließeigenschaften desselben. Diese Parameter beeinflußen wiederum die eingesetzte Verfahrenstechnik.

3.1 Nährstoffgehalte

Die Nährstoffgehalte der unterschiedlichen Flüssigmiste sind abhängig von Tierart, Lebendgewicht, Leistung, Fütterung sowie von der Haltungsform. Sie können stark schwanken. Deshalb ist eine regelmäßige Nährstoffanalyse zum mineraldüngeräquivalenten Einsatz von Flüssigmist notwendig. Sie bestimmen auch die je Arbeitsgang auszubringende Flüssigmistmenge.

3.2 Fließeigenschaften

Flüssigmist ist eine Suspension organischer und mineralischer Bestandteilen in Wasser. Das Korngrößenspektrum erstreckt sich vom kolloidalen in den grobdispersiven Bereich (TÜRK, 1985). Flüssigmist zeigt ein quasi-plastisches Fließverhalten, die Viskosität η nimmt mit ansteigender Fließgeschwindigkeit des Flüssigmists ab (LOMMATZSCH, 1969). Die Durchmesser von Förderleitungen und Ablaufschläuchen bei Flüssigmisttankwagen müssen so dimensioniert werden, daß ein ausreichend hoher Volumenstrom und eine möglichst geringe Viskosität erreicht werden.

Auch wechselnde TS-Gehalte von einer Fahrt zur Nächsten wirken sich auf die Fließeigenschaften und damit auf eine korrekte Ausbringung aus. Deshalb ist auf ausreichendes Homogenisieren vor der Ausbringung großer Wert zu legen.

3.3 Dosierbereich und Dosiergenauigkeit der Ausbringtechnik

Der Dosierbereich ist die Spannweite, innerhalb der die Verstellung der Ausbringmenge möglich ist. Für den praktischen Einsatz sind Hektargaben von 5 bis 40 m³/ha zu fordern.

Die Dosiergenauigkeit setzt sich aus Dosierfehler und Dosierspanne zusammen. Zur Bestimmung wird der Regressionskoeffizient b zwischen eingestellter (Soll-) Menge und ausgebrachter (Ist-) Menge herangezogen. Optimal wäre ein Regeressionskoeffizient von 1 (Istmenge = Sollmenge). Die Dosierspanne gibt die absolute Abweichung jedes Meßpunktes von der Regressionsgeraden an.

3.4 Folgerungen für die Ausbringtechnik

Wechselnde Fließeigenschaften können zu Druckunterschieden im Ausbringsystem führen. Diese können sich entweder auf die Mengendosierung (Längsverteilung) oder die Querverteilung auswirken.

Besonders anfällig für Schwankungen in der Längsverteilung sind Kompressortankwagen und mit Kreiselpumpen ausgestattete Pumptankwagen. Unterschiede in der Querverteilung infolge von Druckverlusten können nach HÜTHER (1988) dann auftreten, wenn mehrere Einzelverteiler (Verteilergestänge, Düsenbalken, Schleppschlauchzentralverteiler) oder Mehrkammerpumpen mit unterschiedlich langen Förderleitungen eingesetzt werden. Bei Zentralverteilern und Mehrkammerpumpen wird der Flüssigmist mit gleichem Druck in die Ablaufschläuche dosiert, durch die unterschiedlichen Schlauchlängen variiert jedoch der Anteil der Rohrreibung und damit auch der Druckverlust, womit Ungenauigkeiten im Verteilbild erklärt werden können.

4 Methodik

4.1 Versuchsaufbau

Zur präzisen Erfassung der Zielgrößen Längs- und Querverteilung war die Entwicklung eines neuen Prüfstands notwendig, da die bis dato verwendete „Schalen-Sammel-Technik" keine ausreichende zeitliche Auflösung bei der Datenerfassung zuläßt.

Dieser Prüfstand (Abbildung 1) besteht aus einem 14 m breiten Trägergestänge, an dem 24 einzelne Meßwannen (Fassungsvermögen je Wanne ca. 0,1 m³) flexibel aufgehängt sind. Im Gehänge jeder Wanne ist eine Dehnungsmeßstreifen- (DMS)-Wägezelle eingebaut. Diesen Meßwannen werden je nach Versuchsansatz ein oder zwei Ablaufschläuche eines Flüssigmistausbringgeräts zugeordnet. Die Meßsignale (Spannung [V]) der einzelnen Wägezellen werden von einem PC aufgezeichnet. Die weitere Datenverarbeitung erfolgt nachgeschaltet. Die Erfassungsrate für die Meßwannen beträgt jeweils 20 Hertz. Um eine Bezugsgröße für die Längsverteilung zu bekommen, wurden dem Prozeßrechner mit Hilfe eines Simulators Vorfahrtgeschwindigkeiten vorgegeben.

Je nach Arbeitsbreite und Zahl der Abläufe muß bei den einzelnen Messungen die entsprechenden Anzahl an Meßwannen eingesetzt werden.

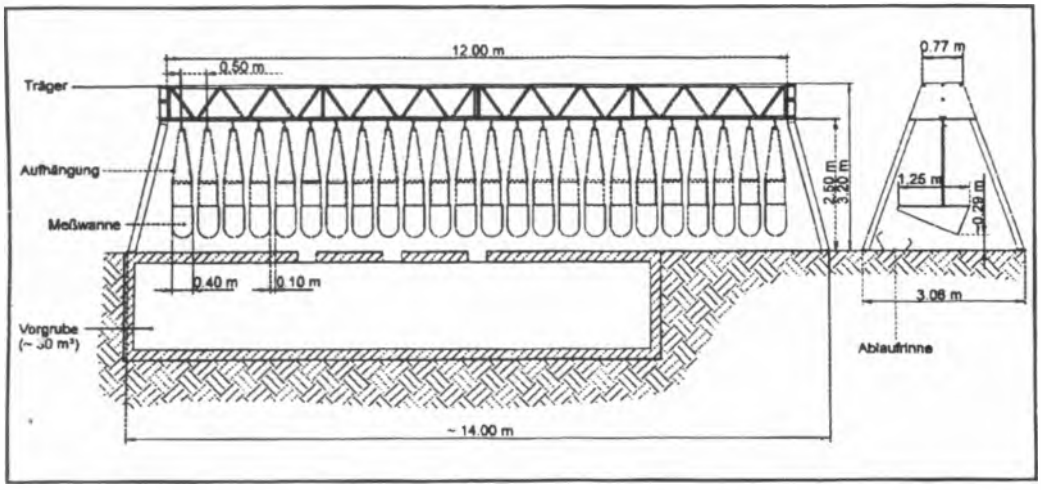


Abb. 1: Aufbau des Prüfstands zur Erfassung der Längs- und Querverteilung von Flüssigmistausbringgeräten

4.2 Auswertung

Die auf dem Prüfstand aufgezeichneten Meßwerte (Spannungen [V]) werden mit Hilfe der Kalibrierdaten der einzelnen DMS-Wägezellen in Massen umgerechnet. Daraufhin erfolgt eine gleitende Mittelwertbildung über 20 Werte (entspricht dem Zeitraum von einer Sekunde) für jede einzelne Wanne. Dies dient zur Glättung der Ausschläge, die durch den Impuls des in die Wanne fließenden Flüssigmists hervorgerufen werden. Danach erfolgt eine Differenzbildung über den Zeitraum von einer Sekunde. Das Ergebnis sind Meßwerte angegeben in kg/s mit einer Auflösung von 20 Hz.

Um Aussagen zur Längsverteilung des Systems machen zu können, werden die Massen über die Arbeitsbreite aufsummiert. Daraus ergibt sich dann die Gesamtausbringmenge des Systems.

Zur Berechnung der Querverteilgenauigkeit werden 200 Einzelwerte/Wanne aus dem Regelbereich der Längsverteilung herausgenommen und gemittelt. Der Variationskoeffizient der Querverteilung wird nach folgender Formel ermittelt:

$$VK_{quer}(\%) = (s/\bar{x}) \times 100 \text{ wobei } s = \sqrt{1/n-1 \times \sum_{x_1}^{x_n} (x_i - \bar{x})^2} \text{ und n = Anzahl der Meßwannen}$$

Die statistisch schärfere Analyse ist die Berechnung des VK_{quer} als Mittelwert aus den Variationskoeffizienten der 200 Einzelwerte. Andere Prüfeinrichtungen favorisieren die Berechnung des VK_{quer} aus den Wannenmittelwerten, um damit eine bessere Vergleichbarkeit mit älteren Meßmethoden zu gewährleisten.

5 Ergebnisse

5.1 Dosiergenauigkeit

In Abbildung 2 sind die Regressionsgeraden eines Ist-/Sollwert-Vergleichs für unterschiedliche Güllearten sowie für Jauche dargestellt. Die Daten dieser Regressionsgeraden wurden an einem System bestehend aus Kompressortankwagen und „Opti-Cut"-Verteiler erhoben. Bei diesem von oben mit Gülle beschickten Zentralverteiler werden die radial am Gehäuse angeordneten Auslauföffnungen von zwei rotierenden Wurfschaufeln beschickt.

Die mittlere Dosierabweichung dieses Systems liegt bei 2 m³/ha, es wurden jedoch Einzelabweichungen über 3 m³/ha gemessen. Sie treten über den gesamten Dosierbereich von 4 - 30 ha auf und haben zwei Ursachenbereiche. Zum einen ist der „Regelfaktor", eine im Prozeßrechner verstellbare Dämpfungskonstante, zu groß, zum zweiten weist der als Stellarmatur eingebaute Absperrschieber zu hohe Toleranzen auf.

Zur Klärung des Einflußes der variablen Flüssigmiste (Abbildung 2) auf die Dosiergenauigkeit wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Flüssigmiste eingesetzt.

Tab. 1: TS-Gehalt der Flüssigmiste

Flüssigmistart	TS-Gehalt (%)
Milchvieh (MV)	2,95
Bullen (B)	8,05
Schwein (S)	3,03
Jauche (J)	1,28

Die mittlere Dosierspanne hat das Verhältnis 1:8. Vor allem bei Bullenflüssigmist mit hohem TS-Gehalt und damit nicht linearplastischem Fließverhalten ist der Kompressor des Gülletankwagens mit einer Luftleistung von ca. 10 m³/min zu gering dimensioniert.

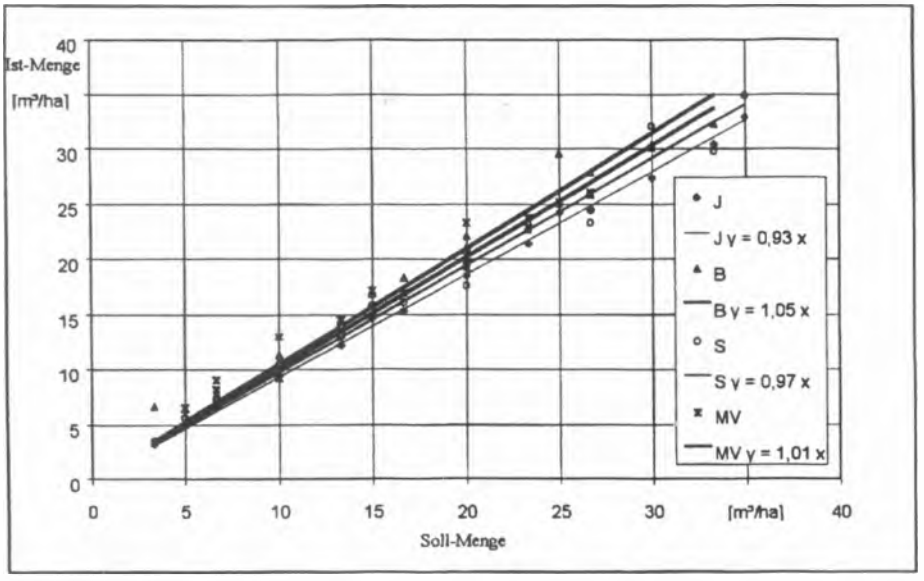


Abb. 2: Regressionsgeraden des Ist-/Sollwert-Vergleichs bei unterschiedlichen Güllearten

Bei verschiedenen Ausbringmedien bestehen sowohl innerhalb des Systems als auch zwischen den Systemen Unterschiede. Sie werden durch den unterschiedlichen Aufbau der Dosiersysteme erklärt. Zum einen weist jeder Prozeßrechner unterschiedliche Toleranzgrenzen auf, die überschritten werden müssen, bevor regulierend in das System eingegriffen wird. Zum anderen haben Sensoren und Aktoren unterschiedliche Empfindlichkeits- und Genauigkeitsstufen die zur Dosierabweichung beitragen. Vor allem die Stellglieder (Drei-Wege-Hahn, Kugelhahn, Stromregelventil) der Aktoren weisen am unteren und/oder oberen Teil des Stellbereichs oft große Unregelmäßigkeiten auf (KRAUSE und PETERS, 1986), die vor allem bei der Dosierung sehr kleiner Mengen gravierend sind.

5.2 Dosierbereich

Im Zuge des BMFT-Projekts „Untersuchungen zur Reduktion von Stickstoffeinträgen in Gewässer durch computergestützte, exakte Längs- und Querverteilung bei der Gülleausbringung - Teil II: Systemüberprüfung und verfahrenstechnische Bewertung" wurden unterschiedliche Gülleverteilsysteme überprüft. In Tabelle 2 sind die Dosierbereiche der wichtigsten Systeme aufgelistet.

Die obere Grenze des Dosierbereichs ergibt sich aus der maximalen Pumpenfördermenge, die untere Grenze ist abhängig von Bauart und Genauigkeit der Stellarmatur des Aktors (Schieber, Kugel- oder Dreiwegehahn).

Tab. 2: Dosierbereiche unterschiedlicher Flüssigmistverteilsysteme

Flüssigmistart	Kreiselpumpe; 3-Wege-Hahn; Lochscheibenverteiler, 12 m AB	Kompressor; Schieber; Opti-Cut-Verteiler; 12 m AB	Exzenterschnekkenpumpe; 3-Wege-Hahn; Taktomat-Verteiler; 6 m AB	Drehkolbenpumpe; Kugelhahn; Lochscheibenverteiler;12 m AB
Bullen I	1 : 6			
Bullen II	1 : 9		1 : 12	
Bullen III	1 : 9	1 : 6		1 : 4
Bullen IV	1 : 8	1 : 7		
Jauche	1 : 8	1 : 8	1 : 14	1 : 4
Schwein	1 : 7	1 : 11	1 : 12	1 : 3
Milchvieh	1 : 5	1 : 6	1 : 12	1 : 4
Mittel	1 : 7	1 : 8	1 : 13	1 : 4

5.3 Längsverteilung

5.3.1 Dosiergenauigkeit

Werden computergestützte Ausbringsysteme ohne Kalibrierung oder nach Kalibrierung mit Wasser eingesetzt, so ist das Ergebnis unbefriedigend. Dies hat in Abhängigkeit von der Dosierstrategie unterschiedliche Ursachen.

Bei Systemen mit direkter Mengendosierung wird zur Erfassung der Ausbringmenge ein Durch-flußmesser benötigt. Dieser arbeitet mit einem störstofffreien Medium (Wasser) besser als mit Flüssigmist, wobei auch flüssigmistspezifische Unterschiede auftreten. Je nach Fabrikat und Einstellung arbeiten magnetisch-induktive Durchflußmesser in Verbindung mit dem übrigen Dosiersystem unterschiedlich genau. Vor allem bei Jauche, einem Substrat mit relativ hohem Gasanteil, traten Probleme auf. Das liegt möglicherweise daran, daß die Leitfähigkeit des Substrats durch den hohen Gasanteil negativ beeinflußt wurde. Auch bei unterschiedlichen Querverteilern unterscheiden sich die Dosiergenauigkeiten. Deshalb sollten die Systeme beim Einsatz unterschiedlicher Flüssigmistarten bzw. unterschiedlicher Querverteiler jeweils wieder neu kalibriert werden.

Bei Systemen mit indirekter Mengendosierung (Volumenstrom wird in Abhängigkeit der Zahl der Pumpenumdrehungen ermittelt) stimmten werkseitig eingegebene Werte nicht mit den gewünschten Mengen überein. Auch bei diesen Systemen treten flüssigmistspezifische Unterschiede auf. Die Korrektur dieser Dosierfehler kann jedoch relativ einfach durch die Änderung der Impulsraten im Bordrechner korrigiert werden.

In Abbildung 3 ist exemplarisch die Gesamtausbringmenge und der korrespondierende Variationskoeffizient für einen Pumpentankwagen mit Kreiselpumpe und Lochscheibenzentralverteiler dargestellt.

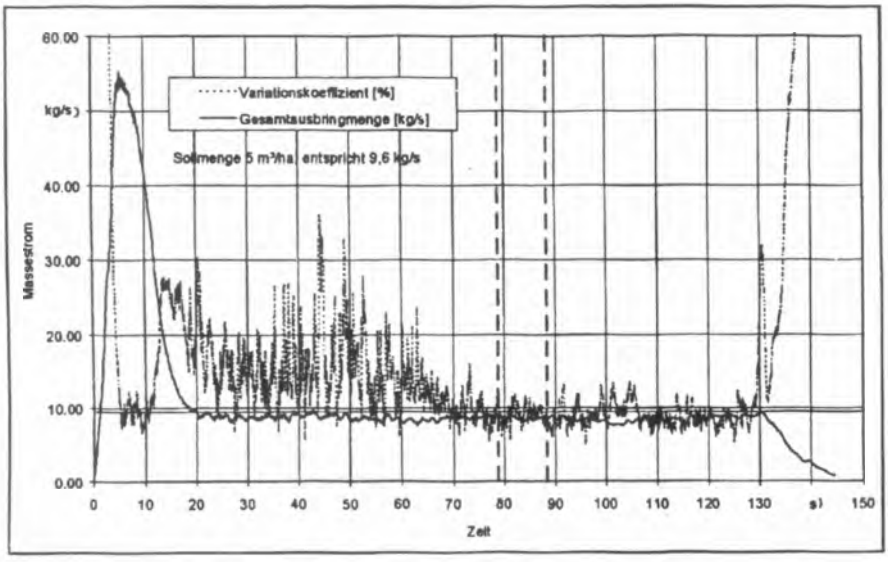


Abb.3: Graphische Darstellung der Gesamtausbringmenge und des zugehörigen Variationskoeffizienten

Wie aus Abbildung 3 hervor geht, teilt sich der Ausbringvorgang eines Flüssigmistverteilsystems in drei Phasen. Phase 1 ist die Anlaufphase. In dieser Phase ist der Aktor (Drei-Wege-Hahn; Schieber o.ä.) vollständig geöffnet. Sie dauert bei diesem System ca. 20 s. Das bedeutet bei einer Vorfahrtgeschwindigkeit von 6 km/h eine Strecke von 32 m. Die Anlaufphase variiert von System zu System. Abhängig vom Verhalten eines Flüssigmistverteilers in der Anlaufphase kommt es zu einer mehr oder weniger starken Überdüngung im Vorgewendebereich. Erst nachdem der Durchflußmesser eine den Sollwert überschreitende Ausbringmenge an den Bordrechner meldet, wird die Ausbringmenge gedrosselt. In der Zweiten, der Regelphase, wird im günstigsten Fall die eingestellte Sollmenge ausgebracht. In der Dritten, der Abschalt- bzw. Auslaufphase nimmt die ausgebrachte Menge innerhalb eines vom System abhängigen Zeitraums auf Null ab. Dieser Zeitraum beträgt ca. 15 s, was einer Fahrtstrecke von 24 m entspricht.

Der Variationskoeffizient verhält sich genau gegenläufig zur Kurve der Gesamtausbringmenge. Er erreicht, von Unendlich ausgehend, in der Regelphase seinen Minimalwert und steigt in der Abschalt- bzw. Auslaufphase wieder ins Unendliche an.

5.4 Querverteilung

Ein Maß für die Güte der Querverteilung ist der Variationkoeffizient über die Arbeitsbreite. Die Querverteilung des Flüssigmistverteilsystems mit Kreiselpumpe und Lochscheibenzentralverteiler ist in Abbildung 4 dargestellt.

Folgende Einflüße wirken sich auf die Höhe des Variationskoeffizienten aus:

- Bauart und Funktionsweise des Verteilorgans,
- Dosiermenge,
- Arbeitsbreite des Verteilers,

- Anzahl der Abgänge am Verteiler,
- Flüssigmistart und
- Verschmutzung des Flüssigmists mit Störstoffen (Steine, langfaseriges Material o.ä.)

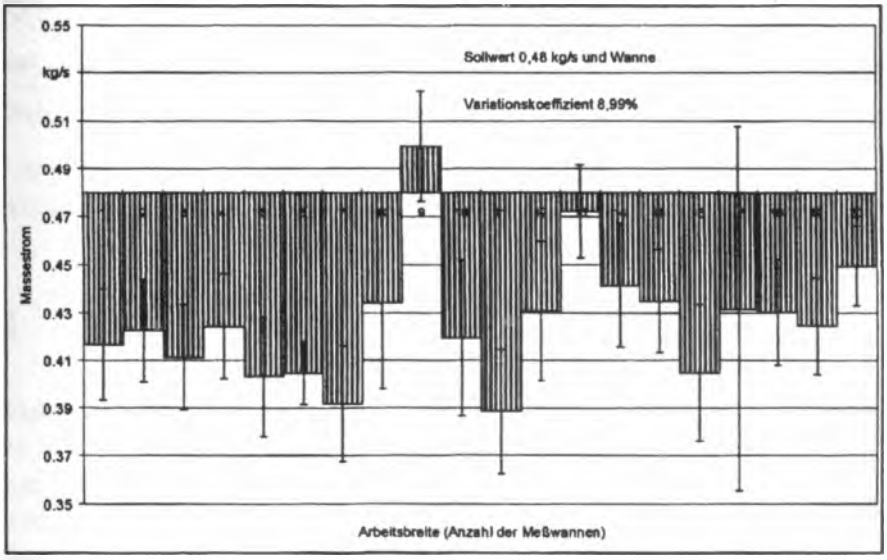


Abb. 4: Güte der Querverteilung (Abweichung vom Mittelwert mit Standardabweichung)

6 Zusammenfassende Bewertung

Maximale Dosierfehler von ∀ 5 % sind bei computergestütze Regelsysteme für die Mengensteuerung und für die Mengenregelung realisierbar, dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- bei Auswahl und Einbau von Sensor und Aktor sollte Sorgfalt aufgewendet werden
- die Kalibrierung des Dosiersystems mit allen zur Ausbringung in Frage kommenden Substraten ist unabdingbar, die vom Hersteller angegebenen Einstellungen sind oft nur grobe Näherungswerte oder wurden mit dem Kalibriermedium Wasser erhoben
- um den Dosierbereich eines Systems so groß wie möglich zu gestalten, eignen sich nur Aktoren, die jeden beliebigen Anteil der Fördermenge über die Bypass-Leitung zurück in den Flüssigmisttank leiten können

7 Literatur

HÜTHER, J. (1988): Untersuchungen zur Verteilgenauigkeit ausgewählter Systeme der Flüssigmistausbringung an Pumpentankwagen. MEG-Schrift Nr. 147. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft, Niederkleen

KRAUSE, R. UND H. PETERS (1986): Sensoren und Aktoren für eine geschwindigkeitsabhängige Durchflußregelung an Flüssigmisttankwagen. Grundlagen der Landtechnik 36 (4)

LOMMATZSCH, R. (1969): Die Fließeigenschaften von Rindergülle. Deutsche Agrartechnik 19

TÜRK, M. (1985): Bestimmung der Fließgrenze von Gülle. Agrartechnik 35 (10)

Die Untersuchung wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie.

Effects of robotic milking management strategies on the labour requirement of dairy farms

SONCK, B.R.[1], J.H.M. METZ[2], J. DAELEMANS[1] AND G.H .KROEZE[2]

[1] CLO-Research Station of Agricultural Engineering, Burg. Van Gansberghelaan 115, 9820 Merelbeke, Belgium. Tel. +32 92 52 18 21. Fax. +32 92 52 42 34. E-mail rvl.cigr@pophost.eunet.be

[2] DLO-Institute of Agricultural and Environmental Engineering, PO Box 43, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

1 Introduction

Full automatic milking is one of the last steps towards a completely automated dairy farm where milking is no longer a job as on conventional milking dairy farms where it occupies the milker approx. 3 hours every day (SONCK ET AL., 1991; KELLER, 1994). Dairy cows are then milked with an automatic milking system (AMS) and with little or no human intervention. An AMS comprises a milking robot with one or more milking stalls. The cowshed is equipped with facilities that control the cow traffic towards the milking point. An expert system controls and makes decisions related to cow individual milking frequency and concentrate and even roughage supplementation (DEVIR, 1995; IPEMA and ROSSING, 1987).

Most of the consequences of automatic milking on the dairy farms as well as on the overall dairy industry are still unclear (DE BOER ET AL., 1994). It is of particular concern to potential AMS users to know how automatic milking will influence labour planning and organisation and social life. This paper focuses on evaluating consequences of using an AMS on Dutch model dairy farms under different management strategies. Four objectives have been formulated for the study. The first and primary objective is to quantify the labour requirement for robotic milking dairy farms with differences in land use. The second objective is to find out to what extent different grazing systems influence the labour requirement on robotic milking dairy farms. The third objective is to study the effects of decisions related to the milk quota on the labour requirement. Finally as fourth objective, the effects of automatic milking on labour requirement for farms where contract workers are employed for the grass silage production are investigated.

2 Materials and method

The calculation method is based on a combination of two programs : 'Standards of Fodder Supply' of the Research and Advisory Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry in Lelystad (N.N., 1991; MANDERSLOOT ET AL., 1991) and the IMAG-ARBGRO farm budgeting program (KROEZE, 1982; KROEZE, 1993). The first program supplies the labour budgeting program ARBGRO with the following input data : (1) labour distribution schemes for tasks such as mowing, pasture harrowing and fertilizing that are expressed in percentages of the farmland that has to be mowed, harrowed or fertilized in certain periods of the year; (2) pasture utilization gives the division of the grassland according to category of animals : cows, yearlings and calves; (3) nutritional requirements are used to calculate the work for feeding the animals in winter and summer periods; (4) calculation of the amount of concentrates and roughage to buy gives an indication of the shortage of fodders.

To calculate the labour demand for the operations to be executed on a conventional or robotic milking dairy farm, the labour budgeting program IMAG-ARBGRO makes use of task time modules. The task time modules used for this study are calculation modules for field operations for grassland farming including any transport and storage involved (DE LINT, 1972), for animal care (e.g. feeding of cows) (KROEZE AND BOSCH, 1984), for milking in conventional milking parlours (SONCK ET AL., 1991), for milking with an automatic milking system (SONCK, 1995; SONCK ET AL., 1996) and for general work (HALMAN, 1985).

To investigate the set of objectives, various farming plans (FPs) have been defined by choosing starting-points related to the use of farmland, the annual milk yield per cow and the grazing system. Two reference FPs of conventional milking dairy farms are respectively the FP of a farm where 45 ha of farmland are entirely used for grassland (notation : FP grassref) and the FP of another where the available farmland is partly used for grassland (35 ha) and partly for forage maize crops (10 ha) (notation : FP maizeref). The main starting-points of the these two 'reference' FPs are : the annual milk yield of a cow, rated at 7000 kg with 4.40% fat and 3.40% protein; the area-based milk quota being 12 500 kg per hectare; unrestricted grazing i.e. day and night grazing with every 4 days a new plot, applied during the summer period; an automated herringbone milking parlour with 2 times 6 milking units; the labour supply provided by the farmer (2600 hours) and family members (2600 hours). Calculations are based on a 2 + 2 row cubicle house for the dairy cows, individual boxes for calves (< 2 months), slatted floors with a littered lying area for young stock (3-8 months) and a cubicle housing system for young stock (9 - 24 months). Sufficient young stock is kept for a replacement rate of 25% of the herd. Surplus calves were disposed off immediately after birth. We assume yearlings and calves to be grazing day and night during the summer period, respectively with every six and ten days a new plot.

On the robotic milking dairy farms (RMDF), two milking methods are applied : the 'human-controlled cow traffic' method when cows are manually fetched to be milked (HCT) and the computer-controlled cow traffic' method when cows are visiting the system voluntarily (CCT). The AMS on the RMDF comprises two milking stalls and, if the CCT method is applied, two selection units are added (SONCK AND VAN ELDEREN, 1996; DEVIR, 1995). It is assumed that an increase in milking frequency from 2 to 3 times a day with the AMS results in a 15% higher annual milk yield per cow or in 8050 kg of milk per cow and per year with 4.25% fat and 3.35% protein (IPEMA ET AL., 1987). Furthermore, it is supposed that the regular maintenance and repairs of the milking robot are done by the service department of the milking robot company.

3 Results and discussion

To summarize the operations executed on a conventional (CMDF) or a robotic milking dairy farm (RMDF), the operations are assigned to the following task groups : (1) work for grass silage; (2) care of the grassland; (3) work for maize silage; care of (4) the calves; (5) the yearlings; (6) the cows; (7) milking the dairy cows; (8) general work on the farm. This section is subdivided in four sections according to the objectives.

3.1 Effects of farming plans with only grassland and with grassland and maize land

Table 1 gives the annual labour requirement and its subdivision into the mentioned task groups for two 'reference' CMDFs with unrestricted grazing (U4), i.e. day and night grazing with

every 4 days a new plot and for two RMDFs with summerfeeding (Sf) as grazing system. Here, summerfeeding means that the dairy cows are kept indoors and fed with roughage during the whole year. As a result of the 15% higher milk yield per cow and the sustained milk quota, the number of animals on RMDFs is reduced from 80 to 70 cows.

Tab. 1: The labour requirement (in hours per year) on two conventional milking dairy farms resp. with farming plan grassref(U4/80c) and maizeref(U4/80c) and on two robotic milking dairy farms respectively with farming plan grass(Sf/70c) and maize(Sf/70c)

Task group	Farming plan			
	grassref (U4/80c)	grass (Sf/70c)	maizeref (U4/80c)	maize (Sf/70c)
Grass silage	593	1185	297	723
Care grassland	510	330	416	211
Maize silage	0	0	83	83
Calves	468	411	468	411
Yearlings	213	174	213	174
Dairy cows	849	911	840	934
Milking	1555	489	1555	489
General work	1003	866	962	845
Annual labour requirement (h)	5191	4366	4834	3870
Relative labour requirement (%)	100.0	84.1	100.0	80.0

The labour savings for milking and for care of the grassland are largely absorbed in the supplementary work for grass silage (mowing, teddering, raking, picking-up and ensilage). The labour reduction for FP grass(Sf/70c) amounts to 825 h or 15.9% in comparison to FP grassref(U4/80c) whereas the labour reduction for FP maize(Sf/70c) in comparison to FP maizeref(U4/80c) is higher (964 h or 20.0%) due to the fact that 10 ha is used for forage maize crops instead of for grassland and that the harvest of the maize silage is done by contract workers.

Figures 1 and 2 show the distribution of the labour requirement per two-week period over the whole year for respectively the FPs maizeref(U4/80c) and maize(Sf/70c). Comparing figures 1 and 2 reveals that the use of an AMS combined with summerfeeding will strongly change the distribution of the labour demand. Whereas for the FP maizeref, the labour demand is more spread over the year and shows four slight peaks during the summer, the labour demand for the FP maize(Sf/70c) is approx. 50 h per period lower during the winter and clearly shows four sharp peaks during the summer.

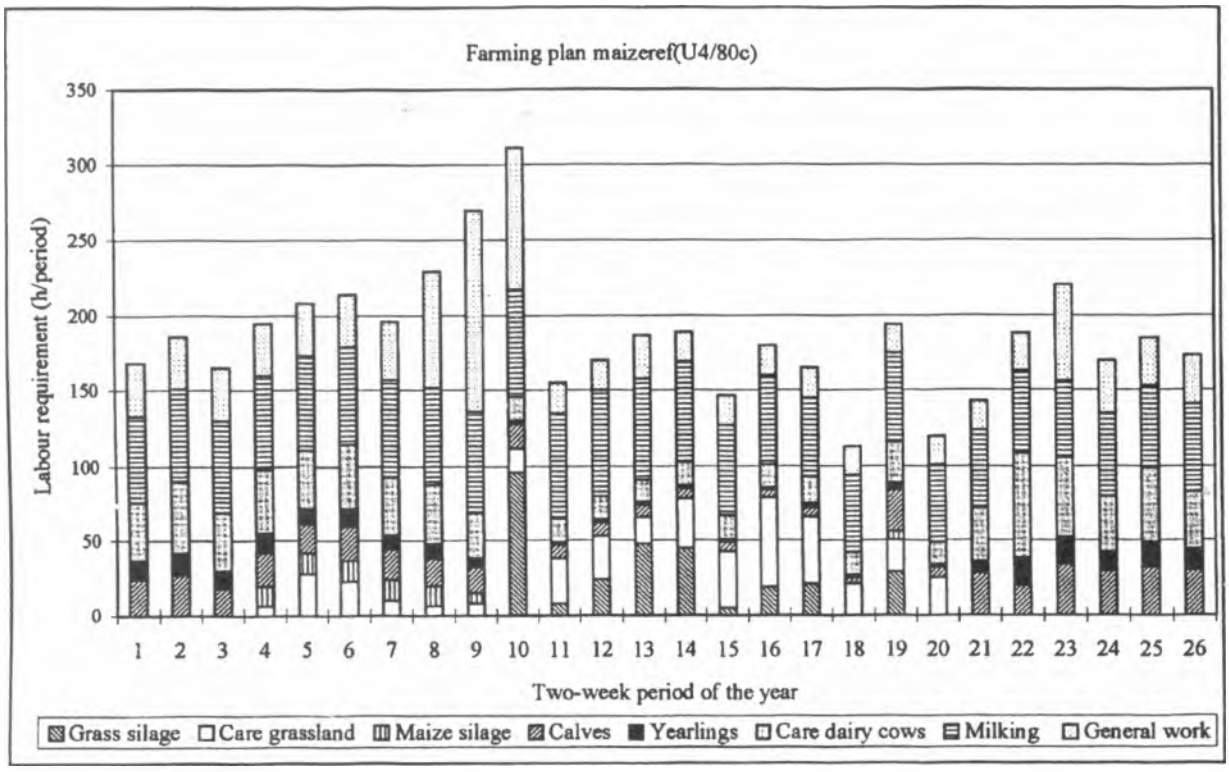


Fig. 1: Labour requirement per two-week period of the year for different task groups on a conventional milking dairy farm with 80 cows, 35 ha of grassland and 10 ha of forage maize crops, and unrestricted grazing (= FP maizeref(U4/80c))

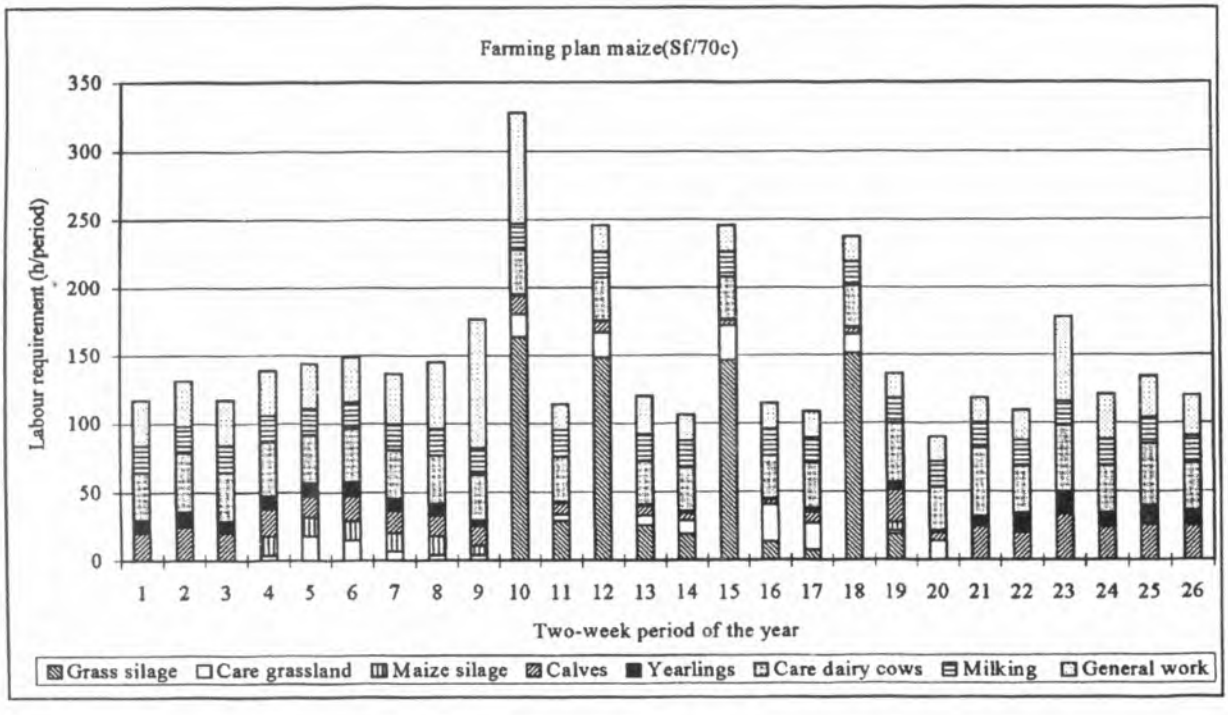


Fig. 2: Labour requirement per two-week period of the year for different task groups on a robotic milking dairy farm with 70 cows, 35 ha of grassland and 10 ha of forage maize crops, and summerfeeding (= FP maize(Sf/70c))

3.2 Effects of grazing systems applied with automatic milking

Table 2 gives the labour requirement for FPs of RMDFs with 45 ha of grassland and with different grazing systems compared to the CMDF with a grazing system U4 'unrestricted grazing with every four days a new plot'. In either FP, it is supposed that the milk quota is 560 000 litres. All farming plans of RMDFs result in a labour reduction of at least 15.9% or approx. 800 h per year. The farming plans with restricted grazing and supplementary feeding of maize silage, namely grass(R4+3,70c) and grass(R4+6/70c) result in the largest labour savings : 22.2% (1153 h) and 22.4% (1161 h). In table 2 we skip the work for the forage surplus, because in practice the farmer can use the farmland for other purposes than grass silage. This results in lower figures for grass silage production. The RMDFs with grazing system U4(+3) and R4(+3 or +6) are forced to apply automatic milking with a human-controlled cow traffic, which explains the higher labour demand for milking the cows in comparison to grazing systems Zg and Sf.

Tab. 2: The labour requirement (in hours per year) for different task groups and for farming plans with different grazing systems*. A comparison between a conventional milking dairy farm (grassref) and robotic milking dairy farms with 45 ha of grassland. In either farming plan, the milk quota is 560 000 litres

Task group	Farming plan						
	grassref (U4/80c)	grass (U4/70c)	grass (U4+3/70c)	grass (R4+3/70c)	grass (R4+6/70c)	grass (Zg/70c)	grass (Sf/70c)
Grass silage	593	633	626	594	571	671	1185
Care grassland	510	494	398	322	304	364	330
Calves	468	411	411	411	411	411	411
Yearlings	213	174	174	174	174	174	174
Dairy cows	849	709	717	773	806	1208	911
Milking	1555	951	951	828	828	489	489
General work	1003	928	930	936	936	858	866
Annual labour requirement (h)	5191	4300	4207	4038	4030	4175	4366
Relative labour requirement (%)	100.0	82.8	81.0	77.8	77.6	80.4	84.1

*U4(+ 3) = unrestricted grazing or day and night grazing with every 4 days a new plot (with supplementary feeding of 3 kg DM maize silage per day).
*R4 + 3 or 6 = restricted grazing or overnight housing with supplementary feeding of 3 or 6 kg DM maize silage per day.
*Zg = zerograzing or day and night housing of cows with feeding of fresh cut grass.
*Sf = summerfeeding or day and night housing of cows with feeding of roughage (grass or maize silage).

Summerfeeding, as well as zerograzing, allows the application of the automatic milking with computer-controlled cow traffic. For this grazing system, the labour savings from milking and grassland care are absorbed by grass silage production. Summerfeeding results in the lowest labour reduction (15.9%). If the grazing system of the RMDF remains the same as in CMDF, the labour demand decreases with 891 h per year or 17.2%.

For RMDFs with 35 ha of grassland and 10 ha of forage maize crops and with different grazing systems compared to the CMDF with grazing system U4, the same conclusions can be drawn. However, FP maize(Sf/70c) results here in the greatest labour reduction (20% or 964 h). The FPs with maizeland have a lower annual labour input than the FPs with only grassland, i.e. up to 300 h. The introduction of the AMS on a farm with a FP 'maize' results in labour savings that are slightly lower than on a farm with a FP 'grass'.

3.3 Effects of the milk quota

The question to what extent labour input will change on RMDF if the milk quota are extended in order to maintain a herd size of 80 cows remains. Table 3 gives the labour requirement for different task groups and for FPs with different grazing systems and with 45 ha of grassland, assuming a rise in the milk quota or a herd size of 80 cows. The highest labour reduction is obtained with the FP maize(R4+6/80c) (14.3% or 741 h) and the lowest with the summer-feeding system (5.6% or 292 h). The farming plan with zerograzing and the FP maize(R4+3/80c) are competitive with the FP(R4+6/80c).

Tab. 3: The labour requirement (in hours per year) for different task groups and for farming plans with different grazing systems*. A comparison between a conventional milking dairy farm (grassref) and robotic milking dairy farms with 45 ha of grassland. In either farming plan, the number of cows is 80

Task group	Farming plan						
	grassref (U4/80c)	grass (U4/80c)	grass (U4+3/80c	grass (R4+3/80c)	grass (R4+6/80c)	grass (Zg/80c)	grass (Sf/80c)
Grass silage	593	565	691	666	629	582	1378
Care grassland	510	504	481	404	369	379	392
Calves	468	468	468	468	468	468	468
Yearlings	213	213	213	213	213	213	213
Dairy cows	849	812	800	865	898	1421	1009
Milking	1555	985	985	862	862	500	500
General work	1003	1003	1011	1011	1011	933	939
Annual labour requirement (h)	5191	4550	4641	4489	4450	4496	4899
Relative labour requirement (%)	100.0	87.7	89.4	86.5	85.7	86.6	94.4

*U4(+ 3) = unrestricted grazing or day and night grazing with every 4 days a new plot (with supplementary feeding of 3 kg DM maize silage per day).
*R4 + 3 or 6 = restricted grazing or overnight housing with supplementary feeding of 3 or 6 kg DM maize silage per day.
*Zg = zerograzing or day and night housing of cows with feeding of fresh cut grass.
*Sf = summerfeeding or day and night housing of cows with feeding of roughage (grass or maize silage).

As was to be expected, the annual labour requirements for the FPs grass with 80 cows are higher than the respective FPs grass with 70 cows viz. approx. 200 h for each pair of FPs. This can be explained by the higher labour input for animal care and for general work.. Still, labour

savings between 5.6% and 14.3% are obtained. Even for the lowest labour savings, the introduction of an AMS results in a remarkable increase in labour productivity.

3.4 Effects of employment of contract workers

For all previous calculated farming plans, we assumed that the work for grass silage production was done by the farmer and his family. Considering a total labour requirement of 5200 man-hours per year, the labour requirement per two-week period amounts to 200 man-hours. According to figure 1, the CMDFs show that during the periods 9 and 10 the labour demand exceeds even the level of 250 man-hours, whereas, according to figure 2, the RMDFs show that four periods (10, 12, 15 and 18) exceed or reach the level of 250 man-hours. On the CMDFs as well as on the RMDFs, the labour shortage necessitates a higher labour input of the farmer and his family during the mentioned periods or the employment of contract workers for grass silage production. Therefore, we calculated the FPs grass, assuming that all work for grass silage production with the exclusion of covering of the clamp silos, is done by contract workers.

Figure 3 illustrates the differences in annual labour requirement for FPs grass with and without contract work for grass silage production. Contrary to the FPs without contract work (CW) for grass silage production, the FPs with CW show the lowest annual labour requirement for the grazing system 'summerfeeding' when the different grazing systems are compared. The labour savings with FP grass(Sf/70c) with CW amount to 29.6% or 1371 h compared to FP grassref with CW. When the milk quota are extended in order to hold on to a herd size of 80 cows, the grazing systems R4+3 and R4+6 are competitive. Zerograzing requires approx. 100 h more than the systems with restricted grazing.

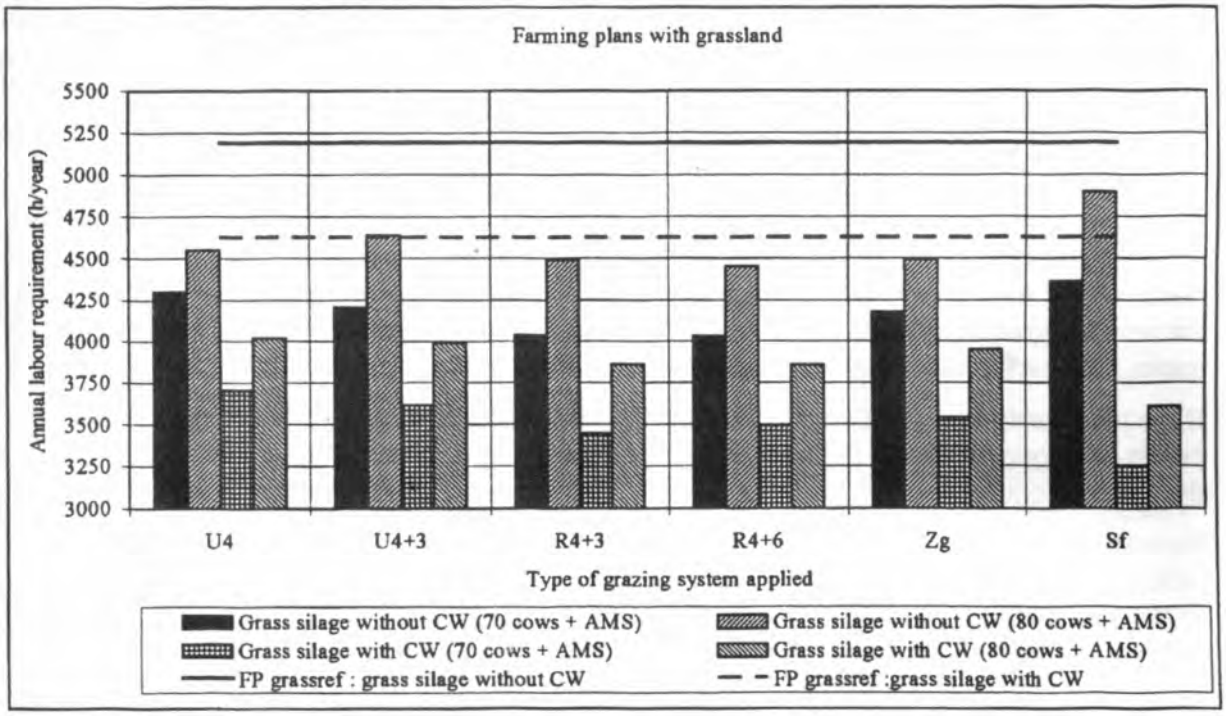


Fig. 3: Annual labour requirement (in hours per year) on conventional and robotic milking dairy farms with and without contract work (CW) for grass silage production. Farming plans with 45 ha of grassland and with different grazing systems

When the milk quota are maintained at the level of 560 000 litres (70 cows), the zerograzing system requires a lower labour input than the grazing systems with unrestricted grazing. This can be explained by the labour savings obtained with fully automatic milking with zerograzing in contrast to the grazing systems where cows are grazing during the summer period and HCT milking method has to be applied. Farming plans with restricted grazing require approx. 130 h less work for milking than FPs with unrestricted grazing. Therefore, the restricted grazing system requires also a lower labour input.

4 Conclusions

It is clear that other strategical choices can be made to create other farming plans than those considered in this study or to investigate the influences of automatic milking under other circumstances such as : (1) what if the young stock is permanently in confinement; (2) what if the expected 15% increase in milk production is not reached; (3) what if not all cows are suited for automatic milking and more young stock needs to be kept; etc. In this paper we have tried to present the most important management strategies in which automatic milking is involved, together with their pros and cons. With respect to the four objectives mentioned in the introduction, the following conclusions can be drawn.

From an operational point of view (DEVIR, 1995), it appeared normal until now to combine automatic milking with summerfeeding as 'grazing system' while the cows are kept indoors the whole year in the vicinity of the AMS. If, in this case, the operations for grass silage production are executed by the farmer and his relatives, then the labour savings obtained with milking will be mainly absorbed by the surplus of work for producing grass silage. The labour savings amount to 15.9% for FP grass and 20.0% for FP maize, both with summerfeeding. Labour distribution over the whole year on a robotic milking dairy farm with summerfeeding is characterized by four sharp peaks during the summer period and a low labour input (approx. 125 h per two-week period) outside these peak periods. These labour peaks will require the availability of contract workers or a surplus of labour input from the farmer and his relatives.

Comparing various grazing systems for FPs with only grassland and with the same milk quota, we conclude that all grazing systems combined with automatic milking result in a labour reduction of at least 15.9% with a maximum of 22.4% for the grazing system R4+6. Comparing the various grazing systems for FPs with grassland and maizeland and with unchanged milk quota, summerfeeding results in the greatest labour reduction (20% or 816 h).

If the milk quota are extended in order to keep the same herd size, the same conclusions can be drawn as above, as far as differences between the grazing systems are concerned. However, the labour reduction amounts only to 5.6 to 14.3% for farming plans with only grassland.

Farmers using contract workers for grass silage production will profit the most of automatic milking in terms of labour reduction. For these farms, the labour reduction amounts to 20.0% (923 h) to 29.6% (1371 h) for farming plans with only grassland. On these farms, automatic milking combined with summerfeeding appears to be the best alternative.

As overall conclusion, we stress that, in a comparison of different grazing systems, the labour requirement and labour savings with automatic milking will strongly depend on the decisions made by the farmer with respect to the use of contract work, the use of the available farmland and on the milk quota. In addition, labour savings will largely depend on a successful functioning of the AMS, i.e. a smooth cow traffic towards the milking point, a failure-free working of the milking robot and a user-friendly interface for the farmer in the AMS management programs.

5 References

N.N. (1991): Normen voor de voedervoorziening. [Standards for Fodder Supply]. Workgroup Standards for Fodder Supply. Research and Advisory Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry, Lelystad. Publication 70, 63 p.

DE BOER, P.B., METZ, J.H.M. AND DE PATER-HUIJSEN, F.L. (1994): Volautomatische Melksystemen. [Full automatic milking systems]. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Directie Wetenschap en Kennisoverdracht. Stuurgroep Technologisch Aspectenonderzoek Nr 4, 89 p.

DE LINT, M.M. (1972): Calculation of task times for field and transport work in relation to plot dimensions and distances to main buildings. In: Zeszyty Probleme Posttepow Nauk Rolniczych, 122 p.

DEVIR, S. (1995): The dairy control and management system in the robotic milking dairy farm. Ph.D. Thesis. Department of Farm Management, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 174 p.

HALMAN, Z.J. (1985): Het algemeen werk en de werkverdeling op melkveebedrijven. [General work and distribution of the work on dairy farms]. IMAG-DLO, Wageningen. IMAG Publication 210, 98 p.

IPEMA, A.H., BENDERS, E. AND ROSSING, W. (1987): Effects of more frequent daily milking on production and health of dairy cattle. In: Proceedings of the Third Symposium Automation in Dairying. Wageningen, The Netherlands. September 9, 10 and 11, p. 283-293

IPEMA, A.H. AND ROSSING, W. (1987): Automatic individual feeding of dairy cattle. In: Proceedings of the Third Symposium Automation in Dairying. Wageningen, The Netherlands. September 9, 10 and 11, p. 41-51

KELLER, P. (1994): New Technology for Milking Purposes - Labour Consumption. SJF-Bulletin 57, 20 p.

KROEZE, G.H. (1982): Computer labour budgeting on dairy farms. In: CIOSTA-CIGR symposium, September, Reading, UK

KROEZE, G.H. AND BOSCH, D. (1984): Verantwoording rekenmodel taaktijden veeverzorging. [Explanation calculation model task times for animal care]. IMAG-DLO, Wageningen, The Netherlands. IMAG Report 67

KROEZE, G.H., (1993): Use of work organisation models in decision support systems for farmers. In: Annevelink, E., Oving, R.K. and Vos, H.W. (Eds). Proceedings of XXV CIOSTA-CIGR V Congress, Wageningen, The Netherlands, p. 39-47

MANDERSLOOT, F., VAN SCHEPPINGEN, A.T.J. AND NIJSSEN, J.M.A. (1991): Modellen rundveehouderij. [Models for cattle husbandry]. Research and Advisory Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry, Lelystad, The Netherlands. Publication 72, 24 p.

SONCK, B.R., DAELEMANS, J., MATON, A. AND GHESQUIERE, A. (1991): Arbeidsorganisatie in geautomatiseerde visgraat- en autotandemmelkstallen. [Labour organisation in automated herringbone and tandem milking parlours]. Landbouwtijdschrift - Revue de l'Agriculture 44, p. 447-460

SONCK, B.R. (1995): Labour research on automatic milking with a human-controlled cow traffic. Netherlands Journal of Agricultural Science 43, p. 261-285

SONCK, B.R., SPEELMAN, L. AND MATON, A. (1996): Interdependency of automatic milking and operational labour planning on a dairy farm : comparison of strategies. In: Sonck, B. (1996). Ph.D. Labour organisation on robotic milking dairy farms. Wageningen Agricultural University, The Netherlands (Submitted for publication in Agricultural Systems)

SONCK, B.R. AND VAN ELDEREN (1996): Dynamic stochastic simulation of interdependency of automatic milking and labour planning : a model description. In: Sonck, B. (1996). PhD. Labour organisation on robotic milking dairy farms. Wageningen Agricultural University, The Netherlands(Submitted for publication in Agricultural Systems)

Einsatz von elektronischen Schrittzählern (Pedometer) zur Brunsterkennung bei Milchkühen

WENDL, GEORG UND KLAUDIA KLINDTWORTH

Bayer. Landesanstalt für Landtechnik, Techn. Universität München, Vöttinger Str. 36,
85350 Freising-Weihenstephan

1 Einleitung

Eine erfolgreiche Milchproduktion erfordert neben einer hohen Milchleistung, einer ausgezeichneten Produktqualität und niedrigen Produktionskosten auch eine gute Reproduktionsleistung. Im Bereich der Fruchtbarkeit treten jedoch bei nicht wenigen milchviehhaltenden Betrieben Probleme auf. Unfruchtbarkeit als Abgangsursache steht meist an erster Stelle; etwa 25 % aller Abgänge scheiden wegen Unfruchtbarkeit aus. Zudem liegen die Zwischenkalbezeiten vielfach nicht im Optimum [LKV 1996]. Hinzu kommt, daß die herkömmliche visuelle Brunstbeobachtung bei größeren Herden und zunehmender Arbeitsbelastung zusätzlich erschwert und dadurch z. T. vernachlässigt wird. Managementhilfen für eine bessere Brunstüberwachung sind deshalb dringend notwendig.

Die Brunst wird durch eine Veränderung von verschiedenen physiologischen Parametern und durch Verhaltensänderungen begleitet. Wichtige äußere Symptome für die Brunst sind die Ruhelosigkeit während der Vorbrunst und auch gewisse Milchleistungsschwankungen [GRANZ 1985]. Mit Hilfe von elektronischen Schrittzählern ist es möglich, die Aktivität einer Kuh automatisch zu erfassen und dem Tierhalter Hinweise auf eine bevorstehende Brunst zu geben.

Ziel nachfolgender Untersuchungen war es, Aktivitätsdaten über einen längeren Zeitraum zu erfassen, das Aktivitätsverhalten zum Zeitpunkt der Brunst und außerhalb der Brunst zu untersuchen, die Effizienz von Pedometern zur Brunsterkennung zu bestimmen und auch zu prüfen, ob größere Milchmengenschwankungen zum Zeitpunkt des Oestrus zu einer Erhöhung der Erkennungsquote beitragen können.

2 Material und Methode

Für die Aktivitätserfassung wurden sogenannte Rescounter der Firma Westfalia Separator (Hersteller: Nedap, Niederlande) verwendet. Ein Rescounter besteht aus einem Transponderschaltkreis für die elektronische Identifizierung und einem Aktivitätssensor. Als Aktivitätssensor dient ein Quecksilbertropfen, der in einem Glasröhrchen durch die Bewegung der Kuh zwischen zwei Kontakten hin und her bewegt wird. Die elektrischen Impulse werden gezählt, gespeichert und zusammen mit der Tiernummer ausgelesen. Das verwendete Pedometer besitzt keine eigene Intelligenz, sondern speichert nur die Schrittzahl, die eigentliche Auswertung der Aktivitätsdaten wird vom Managementcomputer übernommen. Bei jedem Besuch einer Kuh in einer Futterbox oder im Melkstand werden die Pedometer zusammen mit der Transpondernummer ausgelesen, zum Management-PC übertragen und dort für die Tierüberwachung ausgewertet.

Da über das verwendete Managementprogramm Codatron DP4, das auch für die gesamte Prozeßsteuerung und das Herdenmanagement zuständig ist, die Möglichkeit besteht, automatisch Berichte zu erstellen, konnten alle wichtigen Daten zur Kraftfutterfütterung, Milchleistung, Aktivität und Reproduktion täglich in entsprechenden Dateien abgelegt werden. Pro Tag liegen somit für jede Kuh die Milchmengen und Aktivitätsdaten vom Morgen- und Abendgemelk vor. Diese gespeicherten Daten wurden anschließend ausgewertet.

Für die Untersuchung konnten Daten einer Milchviehherde mit 115 Fleckviehkühen über einen Zeitraum von 18 Monaten herangezogen werden. Die Kühe werden in einem Freßliegeboxenstall gehalten, der mit 4 Kraftfutterstationen und einem 2x6 FG-Melkstand mit Milchmengenmessung ausgerüstet ist. Die Pedometer sind am linken Vorderfuß angebracht.

Von den zu Verfügung stehenden Datensätzen (ca. 120.000) wurden nur die Kühe ausgewertet, von denen ein nahezu kompletter Datenbestand von der Kalbung bis zum Zeitpunkt der Trächtigkeitsfeststellung (6 bis 8 Wochen nach Besamung) vorlag. Zur Effizienzbewertung der Pedometer für die Brunsterkennung wurde nur die jeweils letzte Brunst einer Kuh herangezogen, da diese aufgrund der festgestellten Trächtigkeit als objektiv richtig erkannte Brunst einzustufen ist. Eventuell andere Brunstereignisse wurden nicht berücksichtigt, um visuell falsche Brunstbeobachtungen ausschalten zu können.

Die Auswertung des Aktivitätsverhaltens erfolgte unabhängig vom Firmenprogramm und beruht auf einem Vergleich der aktuellen stündlichen Aktivität mit dem gleitenden Mittelwert aus den vergangenen 7 Tagen, wobei die Pedometerstände zum Zeitpunkt des jeweiligen Morgen- und Abendgemelkes verrechnet wurden. Eine erhöhte Aktivität wird signalisiert, wenn die relative Abweichung der stündlichen Aktivität von der mittleren Aktivität größer ist als ein festgelegter Schwellenwert. Eine positive Brunsterkennung ist gegeben, wenn die relative Abweichung innerhalb des Zeitraums "zwei Tage vor Besamungstag bis Besamungstag" den vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Als Fehlalarm gilt, wenn innerhalb des Zeitraums "15 Tage vor Besamungstag und 30 Tage nach Besamungstag" eine Überschreitung des jeweiligen Schwellenwertes stattgefunden hat, wobei der Zeitraum des Oestrus (2 Tage vor und 1 Tag nach Besamungstag) ausgeschlossen ist.

Als Erfolgsquote (Trefferrate) wird das Verhältnis zwischen der Zahl der positiv erkannten Brunstvorgänge und den insgesamt betrachteten Brunstvorgängen definiert. Die Fehlerrate stellt das Verhältnis der falschen Alarmmeldungen außerhalb der Brunst zu allen Alarmmeldungen dar. Werden mehrere Alarmmeldungen in mehreren Melkzeiten hintereinander gegeben, so wird dies nur als ein Alarm gewertet.

Um das Ausmaß der Aktivitätsüberschreitungen während des Oestrus zu beschreiben, wird die Häufigkeit und die Dauer der Aktivitätsüberschreitung festgestellt. Außerdem wird festgehalten, bei welcher Melkzeit eine erhöhte Aktivität signalisiert wird. Der Zeitpunkt kann eventuell Hinweise auf einen günstigen Besamungszeitpunkt geben.

Untersucht wird auch, ob durch eine Aufsummierung von zwei aufeinander folgenden positiven Aktivitätsabweichungen die Trefferquote erhöht werden kann, und wie sich diese Kombination von zwei aufeinander folgenden Abweichungen auf die Fehlerquote auswirkt. Dieses Berechnungsverfahren wird nur angewandt, wenn die aktuelle relative Aktivitätsabweichung den jeweiligen Schwellenwert um mehr als 70 % überschreitet. In diesen Fällen wird die aktuelle Aktivitätsabweichung mit derjenigen des vorherigen Gemelkes aufaddiert und anschließend wieder mit dem Schwellenwert verglichen.

Für die Auswertung der Milchleistungsdaten wurde prinzipiell das gleiche Berechnungsverfahren angewandt. Milchleistungsschwankungen werden nur dann als solche für die Brunsterkennung verwendet, wenn zuerst ein Milcheinbruch und anschließend wieder eine Erholung der Milchmenge vorliegt. Diese Art der Milchmengenschwankung wird als typische Erscheinung

bei der Brunst beschrieben [GRANZ 1985]. Um den Einfluß von verschiedenen Schwellenwerten auf die Erfolgs- bzw. Fehlerquote zu testen, wurde der Schwellenwert für die Milchmengenschwankungen zwischen 10 und 90 % und der Schwellenwert für die Erhöhung der Aktivität zwischen 60 und 300 % variiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Aus dem vorhandenen Datenmaterial (106 Laktationen) konnten 87 Laktationen ausgewählt werden, von denen die Aktivitätsdaten zum Zeitpunkt der Besamung vollständig sowie für den Bereich der Fehlerüberwachung (45 Tage um den Besamungszeitpunkt) größtenteils vorhanden waren. Vereinzelt mußten auch kleinere Datenlücken in Kauf genommen werden, wenn entweder die Pedometer fehlerhaft ausgelesen oder beim Auslesevorgang nicht erkannt wurden bzw. die Kühe nicht im Melkstand gemolken oder deren Daten nicht zum Management-PC übertragen wurden.

3.1 Individuelles Aktivitätsverhalten von Kühen

Das Aktivitätsverhalten von Kühen ist sehr unterschiedlich und hängt von den verschiedensten Faktoren wie Individualverhalten, Rangordnung des Einzeltieres, Stallverhältnisse, Umgebung, betriebsspezifische Parameter u. dgl. ab. Wie sich der Aktivitätsverlauf von einzelnen Kühen unterscheiden kann, wird in Abbildung 1 beispielhaft an 3 Kühen im ersten Laktationsdrittel dargestellt. Kuh 781 zeigte zum Zeitpunkt der letzten Besamung eine Aktivitätserhöhung um 600 %, so daß eine Brunst dadurch sehr leicht erkennbar war. Größere Aktivitätsschwankungen traten am Anfang der Laktation auf, ein Verhalten, das auch bei anderen Kühen beobachtet wurde. Ansonsten unterliegt die Aktivität nur geringen Schwankungen. Dagegen zeigte Kuh 965 ein ganz anderes Aktivitätsverhalten. Zum Zeitpunkt der letzten Besamung war nur eine Erhöhung der Aktivität von 90 % gegenüber dem 7-Tagesmittel zu verzeichnen, bei der ersten Brunst konnte allerdings eine etwa dreifach erhöhte Aktivität festgestellt werden. Kuh 673 wiederum zeigte zum Zeitpunkt der letzten Besamung eine sehr starke Aktivitätserhöhung von etwa 500 %. Auch bei der vorherigen Brunst war ein starker Aktivitätsanstieg zu beobachten. Allerdings war nach der letzten erfolgreichen Besamung nochmals eine stark erhöhte Aktivität zu verzeichnen. In solchen Situationen würde anhand der gesteigerten Aktivität eine falsche Brunst signalisiert. Zusammenfassend läßt sich zum Aktivitätsverhalten festhalten:

- Das Aktivitätsverhalten von Kühen ist individuell sehr unterschiedlich.
- Kühe weisen sehr häufig, aber nicht immer, während der Brunst eine stark erhöhte Aktivität auf.
- Die Aktivitätserhöhung bei den einzelnen Brunstereignissen der gleichen Kuh ist unterschiedlich.
- Außerhalb des Oestrus können auch vereinzelt stärkere Aktivitätserhöhungen beobachtet werden.

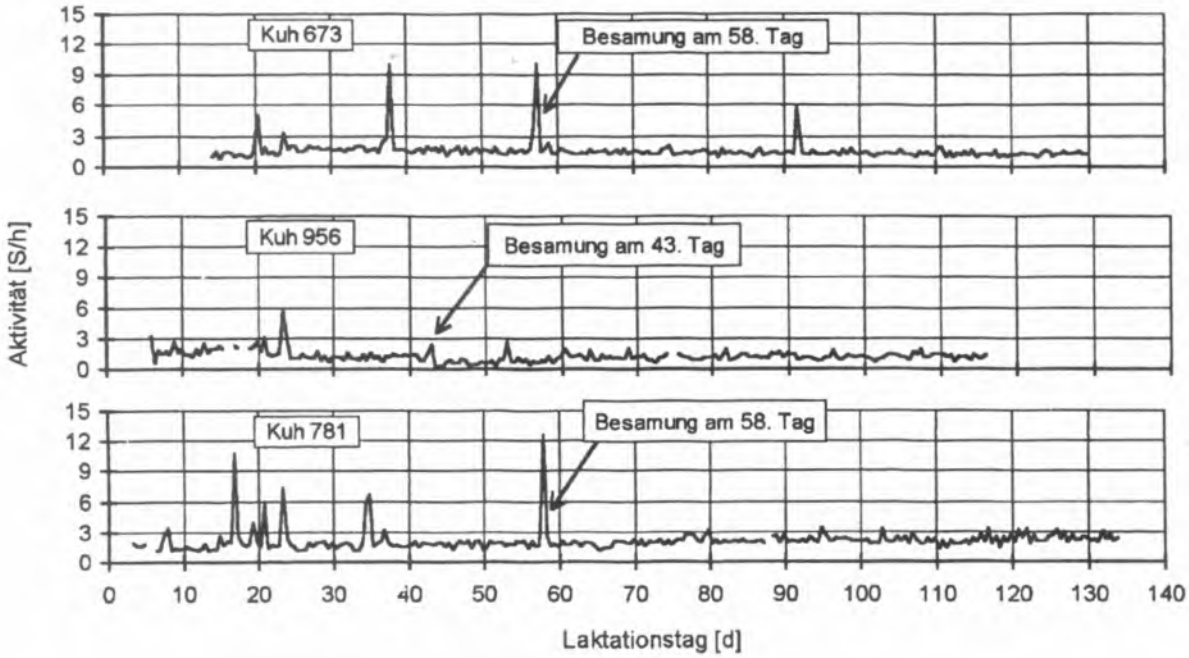


Abb. 1: Aktivitätsverhalten von Milchkühen

3.2 Effizienz der Brunsterkennung durch Aktivitätsüberwachung

Die Effizienz der Brunsterkennung durch die Aktivitätsüberwachung wird durch die beiden Parameter "Trefferrate" und "Fehlerrate" gekennzeichnet. Für die ausgewerteten 87 Laktationen ist die Treffer- und Fehlerrate in Abhängigkeit von der Höhe des jeweiligen Schwellenwertes Abbildung 2 zu entnehmen. Ist der Schwellenwert für die Signalisierung einer erhöhten Aktivität niedrig (< 100 %), so werden zwar über 90 % der tatsächlichen Brunstvorgänge mittels der Aktivitätserhöhung detektiert, gleichzeitig liegen aber auch mehr als 60 % der Signale außerhalb des Oestrus und sind somit als Falschmeldungen einzustufen. Wird ein Schwellenwert zwischen 150 und 200 % gewählt, so liegt die Trefferquote immerhin noch bei etwa 80 % und die Fehlerquote bei etwa 30 %. Dies bedeutet, daß etwa 8 von 10 Brunstereignissen durch eine erhöhte Aktivität erkannt werden und etwa drei von 10 Signalmeldungen als Falschmeldungen eingestuft werden müssen. Die Zahl der Fehlermeldungen kann zwar mit einem noch höheren Schwellenwert auf 20 % verringert werden, doch dann sinkt auch die Trefferquote auf etwa 70 %. Deutlich wird aus Abbildung 3 auch, daß bei mehr als 60 % der Brunstvorgänge die relative Aktivitätserhöhung während des Oestrus größer ist als 300 % der mittleren Aktivität. Die erzielten Treffer- und Fehlerraten liegen in etwa auf gleichem Niveau, wie auch in anderen Untersuchungen gefunden wurde [ERADUS et al. 1992, LIU et al. 1993, MAATJE et al 1994, THOMPSON et al. 1995].

Werden die Aktivitätsabweichungen von zwei aufeinander folgenden Melkzeiten aufaddiert, so steigt die Trefferquote zwar um einige Prozentpunkte an, aber auch die Fehlerrate wird dadurch erhöht. Bis zu einem Schwellenwert von 150 % liegt die Trefferquote nur geringfügig über dem Ausgangswert, die Fehlerrate wird jedoch mindestens um 5 % erhöht. Bei höheren Schwellenwerten ist der Unterschied zwischen der Erhöhung der beiden Raten nur noch geringfügig. Daraus folgt, daß eine Kombination von zwei aufeinander folgenden Abweichungen keine wesentliche Verbesserung bringt und es ausreicht, für den Überwachungsalgorithmus nur den jeweils aktuellen Aktivitätswert gegen den Mittelwert zu prüfen.

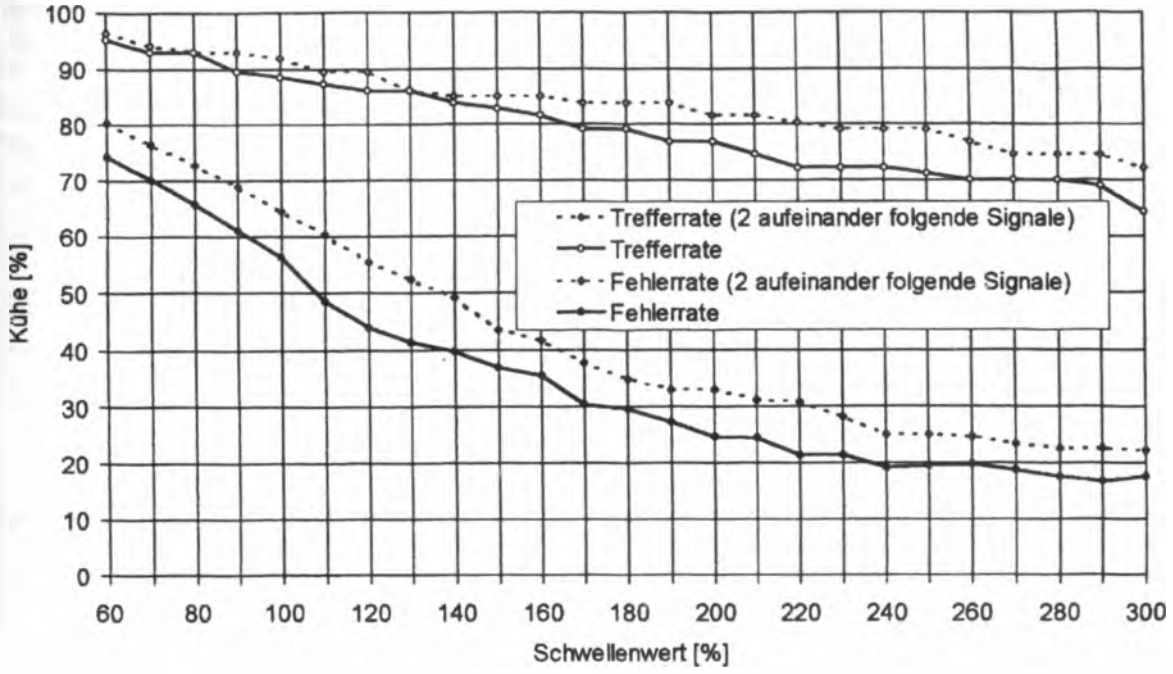


Abb. 2: Effizienz der Brunsterkennung mittels Pedometer (87 Laktationen)

3.3 Häufigkeit und Zeitpunkt der Aktivitätsüberschreitung während des Oestrus

Die Häufigkeit der Aktivitätsüberschreitung gibt an, wie oft der jeweilige Schwellenwert für die Signalisierung einer erhöhten Aktivität innerhalb von 3 Tagen um den Besamungszeitpunkt überschritten wurde. Aus Tabelle 1 ist zu entnehmen, daß bei einem Schwellenwert von 150 % bei knapp 50 % der positiv erkannten Brunstvorgänge ein- oder zweimal eine erhöhte Aktivität pro Melkzeit innerhalb des Betrachtungszeitraumes signalisiert wurde. Eine drei- oder viermalige Überschreitung des Schwellenwertes ist selten. Eine Erhöhung des Schwellenwertes für die Aktivitätsüberschreitung führt dazu, daß der Anteil der einmaligen Signalmeldungen steigt; bei einem Schwellenwert von 200 % erfolgt bei 70 % der positiv erkannten Brunstereignisse eine einmalige Signalmeldung, bei einem Schwellenwert von 250 % beträgt dieser Anteil fast 80 %. Je höher der Schwellenwert für die Aktivitätsüberschreitung liegt, desto höher ist auch der Anteil der einmaligen Signalmeldung, allerding bei verringerten Trefferraten.

Von großer Bedeutung für den Landwirt ist der Zeitpunkt der erstmaligen Aktivitätserhöhung, da der optimale Besamungszeitpunkt zwischen 12 und 18 Stunden nach den äußeren Brunstsymptomen liegt [GRANZ 1985]. Wie in Tabelle 2 dargestellt ist, traten bei der abendlichen Melkung am Vortag des Besamungstages und der anschließenden Morgenmelkung am Besamungstag insgesamt etwa 70 % der Signalmeldungen auf. Dieser Anteil ist nahezu unabhängig vom gewählten Schwellenwert. Vor diesen Terminen sind nur ganz vereinzelt Aktivitätserhöhungen festzustellen. Am Abendgemelk des Besamungstages selbst wird in 20 - 30 % der Fälle eine erhöhte Aktivität signalisiert.

Tab. 1: Anzahl und Häufigkeit der Aktivitätsüberschreitungen während der Brunst in Abhängigkeit von der Höhe des Schwellenwertes (87 Brunstvorgänge)

Anzahl der Aktivitäts-überschreitungen	rel. Schwellenwert für Aktivitätsüberschreitung		
	150	200	250
1	48,6	70,1	77,4
2	48,6	29,9	22,6
3	1,4	0,0	0,0
4	1,4	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0
Trefferrate	82,8	77,0	71,3
Fehlerrate	36,8	24,7	19,5

Tab. 2: Häufigkeit und Zeitpunkt der Aktivitätsüberschreitungen während der Brunst in Abhängigkeit von der Höhe des Schwellenwertes (87 Brunstvorgänge)

Tage vor der Besamung bzw. Melkzeit		rel. Schwellenwert für Aktivitätsüberschreitung					
		150		200		250	
		Einfach-signal	Doppel-signal 1)	Einfach-signal	Doppel-signal 2)	Einfach-signal	Doppel-signal 3)
- 2	morgens	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	abends	0,9		0,0		0,0	
- 1	morgens	3,6	0,0	1,2	0,0	1,3	0,0
	abends	32,1	11,4	33,3	5,0	35,5	
0 4)	morgens	36,6	51,4	36,8	45,0	34,2	50,0
	abends	25,9	37,1	28,7	50,0	29,0	50,0

Anmerkungen: Anteil der Doppelsignale bei den positiv erkannten Kühen:

1) 48,6 %, 2) 29,9 % und 3) 22,6 % aller Signalmeldungen;

4) Besamungstag

Bei einigen wenigen Kühen wurde jedoch auch eine erhöhte Aktivität eine Melkzeit nach dem Besamungstag beobachtet. Werden hintereinander zwei Signalmeldungen während des Oestrus erzeugt, so finden diese etwa gleich verteilt bei der Abendmelkung des Vortages und am Besamungstag morgens bzw. morgens und abends am Besamungstag statt. Der Anteil der Signale von zwei hintereinander liegenden Melkzeiten bei den positiv erkannten Kühen beträgt bei einem Schwellenwert von 150 % knapp 50 % und sinkt bei einem Schwellenwert von 250 % auf nur 23 %. Drei hintereinander liegende Aktivitätsüberschreitungen wurden nur selten beobachtet.

Aus diesem Sachverhalt kann geschlossen werden, daß bei jeder Aktivitätsüberschreitung das Vorliegen einer Brunst sofort überprüft werden muß, da ab einem Schwellenwert von 150 % bei der Mehrheit der Kühe nur noch eine einmalige Aktvitätsüberschreitung festzustellen ist.

3.4 Milchschwankungen zum Zeitpunkt der Brunst

Typische Milchmengenschwankungen zum Zeitpunkt der Brunst werden beispielhaft an einer Kuh in Abbildung 3 gezeigt. Sehr deutlich wird hieraus, daß die letzte Brunst sowohl von einem hohen Anstieg der Aktivität als auch von stärkeren Milchmengenschwankungen begleitet war. Am Abend des 62. Laktationstages ist die Milchmenge um knapp 30 % gegenüber dem Mittelwert gefallen und am darauffolgenden Morgengemelk um 25 % gestiegen. Würde dieses Verhalten der Milchleistung vermehrt auftreten, könnte dies zu einer Erhöhung der Brunsterkennungsrate genutzt werden.

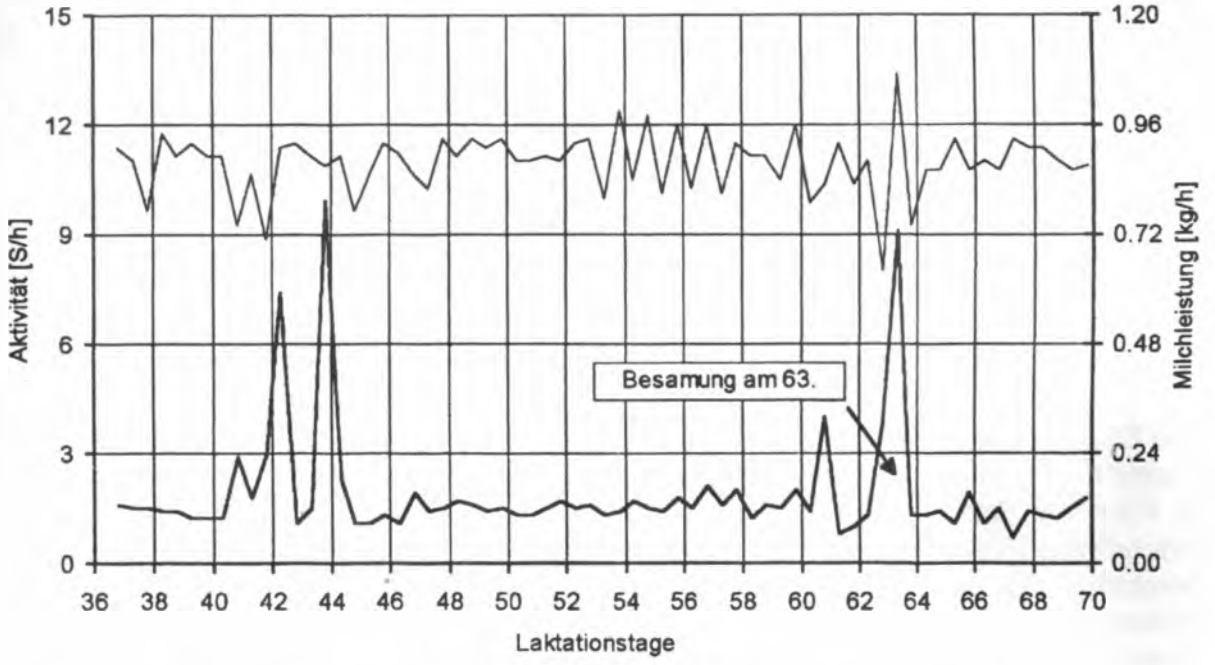


Abb. 3: Aktivitätsverhalten und Milchleistung einer Milchkuh (Kuh 962, 2. Laktation)

Deshalb wurden von den vorhandenen 87 Laktationen diejenigen ausgewählt, von denen die Milchdaten zum Zeitpunkt der Besamung vollständig und für den Bereich der Überwachung (45 Tage um den Besamungszeitpunkt) größtenteils vorhanden waren. In Abbildung 4 ist für 72 Laktationen dargestellt, wie oft und in welchem Umfang bei einem Schwellenwert von 150 % für die Aktivitätsüberschreitung die beschriebenen typischen Milchmengenschwankungen zum Zeitpunkt der Brunst und außerhalb der Brunst aufgetreten sind. Eine 30 %-ige

Schwankung der Milchleistung zum Zeitpunkt der Brunst war nur bei gut 30 % der Kühe zu beobachten, während sie außerhalb der Brunst (45 Tage um den Besamungszeitpunkt) bei 90 % der Kühe zu verzeichnen war. Diese Ergebnisse besagen, daß Milchmengenschwankungen zum Zeitpunkt der Brunst zwar vorkommen, aber zur Erhöhung der Brunsterkennungsrate wenig geeignet sind, da sie sehr häufig auch außerhalb der Brunst auftreten und nicht so eindeutig wie eine Aktivitätserhöhung der Brunst zugeordnet werden können.

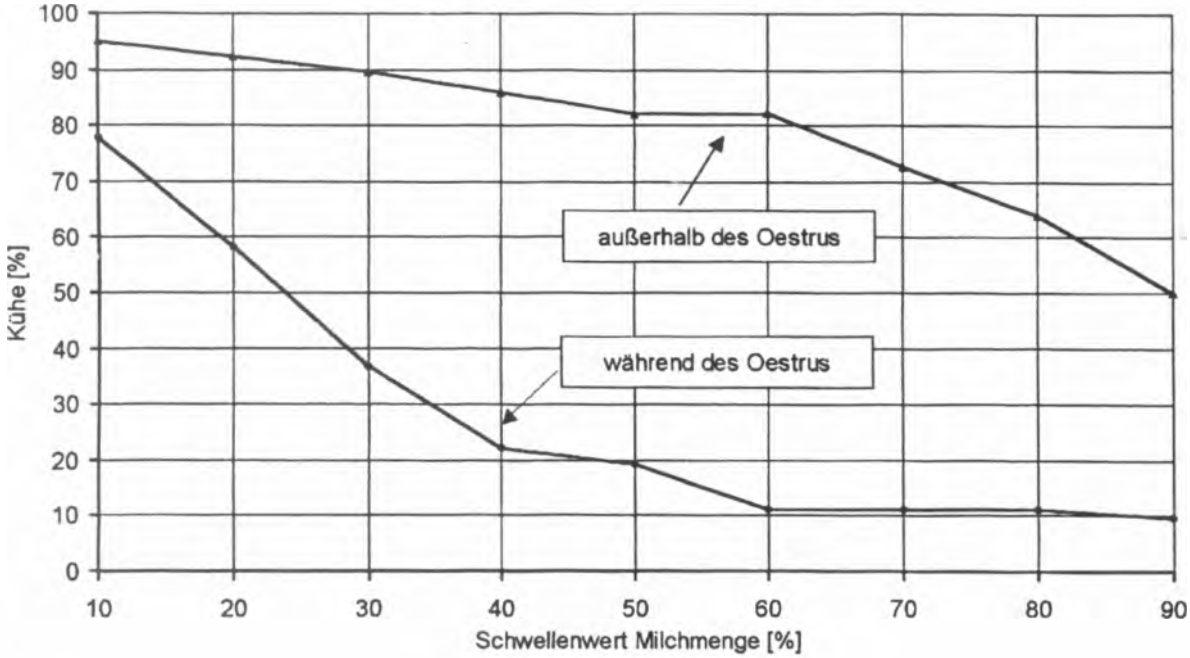


Abb. 4: Milchmengenschwankungen zum Zeitpunkt der Brunst (Schwellenwert für Aktivität 150%, 72 Brunstvorgänge)

4 Zusammenfassung

Die Elektronik in der Milchviehhaltung wird bisher bevorzugt für die rechnergesteuerte Kraftfutterfütterung und die automatische Milchmengenerfassung eingesetzt. Die Tierüberwachung in Form der elektronischen Brunstüberwachung wird zukünftig aufgrund der vorhandenen Fruchtbarkeitsprobleme aber an Bedeutung gewinnen. Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit der Darstellung von typischen Aktivitätsmustern, der Beurteilung von Pedometern zur Brunsterkennung und der Frage, ob Milchmengenschwankungen während der Brunst ebenfalls zu einer besseren Brunsterkennung verwendet werden können. Für die Auswertung konnten 87 Laktationen herangezogen werden.

Kühe weisen in der Brunst sehr häufig eine gesteigerte Aktivität auf. Bei 80 % der Kühe konnte die Brunst durch eine stark gesteigerte Aktivität (150 - 200 % Anstieg) detektiert werden. Einige Kühe jedoch zeigten bei der Brunst keine wesentlich höhere Aktivität, bzw. wiesen auch außerhalb der Brunst manchmal höhere Aktivitätswerte auf. Die Fehlerquote, das Verhältnis der falschen Brunstsignale zu allen Signalmeldungen, liegt bei etwa 30 %. Durch die Wahl eines geeigneten Schwellenwertes für die Aktivitätsüberschreitung kann die Höhe der Treffer- und Fehlerrate beeinflußt werden.

Milchmengenschwankungen als weiteres Hilfsmittel zur Erhöhung der Trefferquote sind nicht hilfreich, da sie auch außerhalb der Brunst mindestens genauso häufig auftreten können. Eine entscheidende Erhöhung der Trefferquote mit gleichzeitiger Senkung der Fehlerquote wird durch eine Einbeziehung des Parameters Körpertemperatur erreicht [ROTH 1987]. Eine mehrmalige Erfassung der Körpertemperatur mittels injizierbarer Transponder ist dazu besser geeignet als eine zweimalige Erfassung der Milchtemperatur.

Der Einsatz von Pedometern ist für den Milchviehhalter ein sehr hilfreiches Instrument, als alleiniges Erkennungsmerkmal ist jedoch die gesteigerte Aktivität nicht ausreichend, so daß nach wie vor neben dem Brunstkalender vor allen Dingen die visuelle Beobachtung herangezogen werden muß.

5 Literaturverzeichnis

ERADUS, W.J.; ROSSING, W.; HOGEWERF, P.H.; BENDERS, E. (1992): Signal processing of activity data for oestrus detection in dairy cattle. Proceedings of the international Symposium "Prospects for automatic milking" 1992, Wageningen, 23.-25.Nov. 1992. Eds.: A.H. Ipema et al., EAAP Publication No. 65, Wageningen 1992,

S. 360 - 369.

GRANZ, E. (1985): Tierproduktion. 10. Aufl. - Berlin; Hamburg: Parey, 1995.

LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (LKV) (1996): Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 1995 - Auswertungen und Ergebnisse. München 1996.

LIU, X.; SPAHR, S.L. (1993): Automated Electronic Activity Measurement for Detection of Oestrus in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science 76 (1993), Nr. 10,

S. 2906 - 2912.

MAATJE, K.; ROSSING, W.; HOGEWERF P.H.; FERWERDA-VAN ZONNEVELD R.T. (1995): Cow Status Monitoring (Health and Oestrus) using Detection sensors. Proceedings of the International Symposium "Prospects for Future Dairying: A Challenge for Science and Industry. Tumba (Schweden), 13. - 16. Juni 1994. Hrsg.: Alfa Laval Agri, Tumba 1995, S. 283 - 289.

ROTH, H. (1987): Automatisches Erkennen des Konzeptionsoptimums bei Milchkühen mit Hilfe rechnergestützter Systeme zur Herdenüberwachung. Landbauforschung Völkenrode Sh. 83, 1987.

THOMPSON, P.; PULVERMACHER, R.; TIMMS, L. (1995): Pedometer Use for Oestrus Detection. Proceedings of the International Conference: Animal Behaviour and the Design of Livestock and Poultry Systems. Indianapolis, USA, 18. - 21. April 1995.

Danksagung: Der staatlichen Versuchsgüterverwaltung Achselschwang wird für die Möglichkeit zur Durchführung der Untersuchung und die Unterstützung herzlich gedankt.

Einsatz eines mobilen Emissionsmeßraumes zur Emissionsratenbestimmung umwelt- und klimarelevanter Gase aus der Rinderhaltung (Stall, Festmistlagerung und -kompostierung)

AMON, B. [1)], J. BOXBERGER,[1)], TH. AMON [1)], A.ZAUSSINGER[1)], A.PÖLLINGER[2)]

[1] Dipl.-Ing. Barbara Amon, o.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.Dr. Josef Boxberger, Dr. Thomas Amon, Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Adolf Zaussinger, Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Wien

[2] Dipl.-Ing. Alfred Pöllinger, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Referat Landtechnik, A-8952 Irdning

1 Einleitung

Die landwirtschaftliche Nutztierhaltung trägt einen beträchtlichen Anteil zur Emission umwelt- und klimarelevanter Gase bei. GRONAUER ET AL. (1995) schilderten anläßlich der 2. internationalen Tagung „Bau und Technik in der Tierhaltung" Anforderungen und Lösungsansätze zur Bestimmung der Emissionsraten ökosystem- und klimarelevanter Gase aus der Landwirtschaft. Unter anderem wurden erste Überlegungen des ILUET zur Entwicklung eines großen mobilen Emissionsmeßraumes vorgestellt. Der folgende Beitrag beschreibt die Realisierung dieses Meßraumes sowie erste Ergebnisse.

2 Meßeinrichtung des ILUET

Zur Bestimmung der Emissionsrate eines Gases müssen Gaskonzentration und Luftrate bekannt sein. Das ILUET analysiert die Konzentrationen von NH_3, N_2O, CH_4 und CO_2 mittels eines hochauflösenden FTIR-Spektrometers (Auflösungsvermögen 0,25 cm^{-1}). Die Probenluft wird in eine Gaszelle mit einer optischen Pfadlänge von 8 m eingebracht. Das FTIR-Spektrometer ist transportabel und eignet sich für den Einsatz in der Praxis. Die Kalibrierung erfolgte mit Hilfe der Gasmischstation des Institutes für Biosystemtechnik der FAL Braunschweig-Völkenrode.

Zur Bestimmung der Emissionsrate in freibelüfteten Stallungen und während der Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger entwickelte das ILUET einen großen mobilen Emissionsmeßraum, der nach dem „open-dynamic-chamber-Prinzip" betrieben wird (Abb. 1). Der Meßraum hat eine Grundfläche von 18 m^2 und eine Höhe von 2 m. Er kann in allen Verfahrensbereichen vom Stall über die Lagerung bis hin zur Ausbringung über die jeweiligen emissionsaktiven Oberflächen gestellt werden und ermöglicht so die Erfassung der Summe an Emissionen aus landwirtschaftlichen Verfahrensketten. Seine große Grundfläche gewährleistet auch bei inhomogenen Substraten eine repräsentative Probenahme. Manipulationen wie Umsetzvorgänge im Rahmen der Festmistkompostierung oder die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern sind bei aufgebautem Meßraum möglich. Die dabei freiwerdenden Emissionen können erfaßt und in der Gesamtbilanz eines Verfahrens berücksichtigt werden.

An der Frontseite des Meßraumes gelangt Zuluft über den gesamten Querschnitt in den Meßraum hinein, überstreicht die im Meßraum befindlichen emittierenden Substrate und reichert sich dabei mit den Emissionen an. Am Ende des Meßraumes wird der große

Querschnitt durch einen Trichter auf den Durchmesser des Gebläses verengt. Vor dem Gebläse erfolgen die Probenahme für die Abluft sowie die Bestimmung der Luftrate. Ein Meßventilator deckt den gesamten Querschnitt des Rohres ab, seine Drehzahl ist von der Luftrate abhängig. Er wurde im Windkanal des Institutes für Landtechnik, TU München-Weihenstephan kalibriert. Die Leistung des Gebläses kann mittels eines Drehzahlstellers zwischen 1.000 und 11.000 m^3/h variiert werden. Der Gleichrichter am Ende des Meßraumes sorgt für eine gleichmäßige Strömung im Meßraum. Das Windschutznetz an der Zuluftseite des Meßraumes verhindert das Eintreten von Windböen in den Meßraum. In Vorversuchen konnte festgestellt werden, daß diese einen Teil der Emissionen aus der Zuluftöffnung heraustragen, wenn kein Windschutznetz davor gespannt ist.

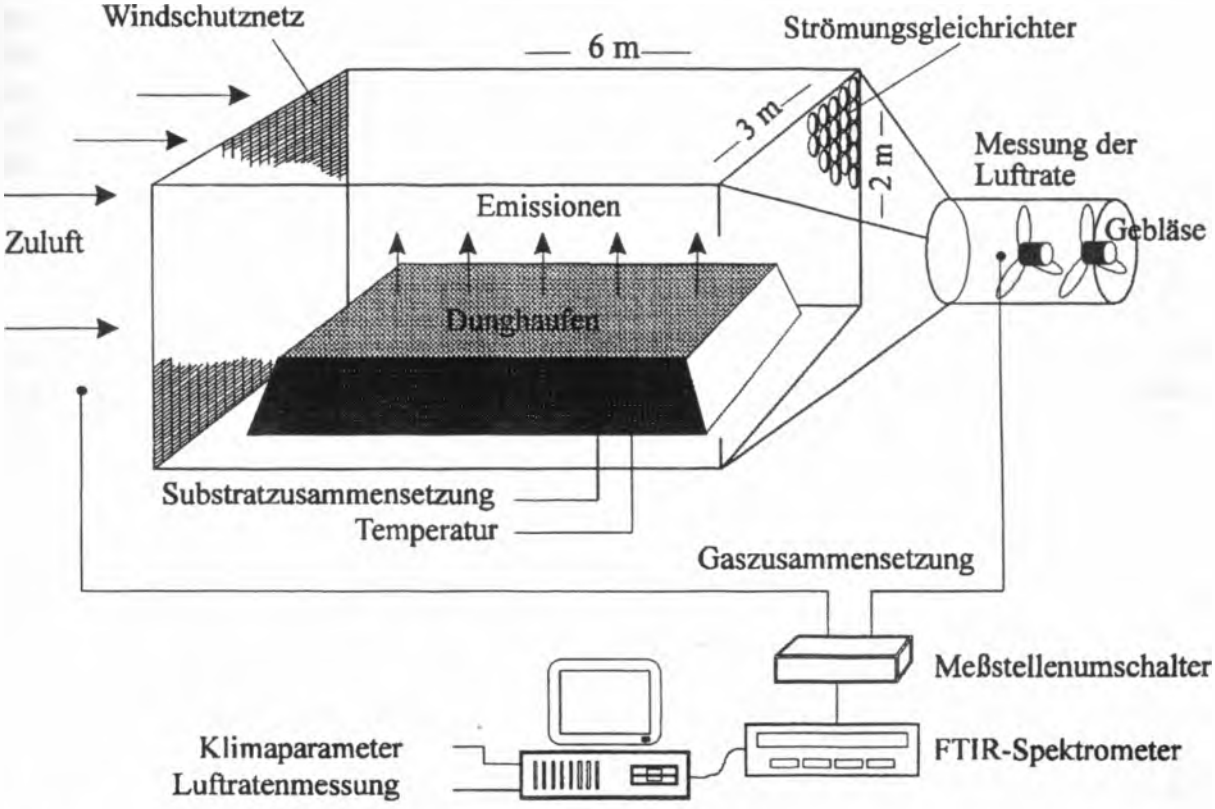


Abb. 1: Mobiler Emissionsmeßraum des ILUET

Der Meßraum besteht aus einzelnen no-drop-beschichteten Polycarbonatplatten, wie sie auch im Gewächshausbau verwendet werden. Die Platten sind in eloxierte Aluminiumrahmen eingesetzt und werden mittels Schnappverschlüssen gasdicht miteinander verbunden. Ein Transport des Meßraumes zum jeweiligen Einsatzort sowie ein häufiger Auf- und Abbau sind möglich. Eine Ammoniakadsorption im Meßraum tritt auf Grund der verwendeten Materialien in nur sehr geringem Umfang auf. Der Meßraum beeinflußt die natürlichen Umgebungsbedingungen kaum. Lediglich bei starker Sonneneinstrahlung muß das Dach beschattet werden, um eine Erwärmung des Innenraumes zu verhindern.

Nach dem Aufbau des Meßraumes am jeweiligen Einsatzort erfolgen kontinuierlich die Konzentrationsmessungen und die Bestimmung der Luftrate und Klimaparameter. Die Steuerung übernimmt ein hierfür entwickeltes Makro. Es steuert über einen Meßstellenumschalter abwechselnd die Probenahme für die Zuluft und die Abluft an.

Gleichzeitig übernimmt es auch die Abfrage der Luftrate und Klimaparameter. In der nachfolgenden Bearbeitung errechnet sich die im Meßraum entwichene Menge an Gasen aus der Differenz zwischen Gaskonzentration in der Zuluft und in der Abluft multipliziert mit der Luftrate. Die kontinuierliche Erfassung der Konzentrationen in der Zuluft erwies sich in der Nähe von Stallungen und/oder Wirtschaftsdüngerlagerstätten als unerläßlich. Hier lagen die Zuluftwerte teilweise deutlich über den in der Literatur angegebenen Durchschnittswerten (EK, 1995) und schwankten in Abhängigkeit von Tageszeit und Witterung.

3 Erste Ergebnisse

Das ILUET ermittelte 1996 Emissionsraten bei Festmistlagerung und -kompostierung sowie aus der Bullenmast und Milchviehhaltung. Die Versuche erfolgten in enger Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein. Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse entstammen einer vorläufigen Datenauswertung. Die ausführliche Auswertung war zum Zeitpunkt der Beitragsabgabe noch nicht vollständig abgeschlossen, da die Emissionsmessungen erst kürzlich abgeschlossen bzw. teilweise noch im Gange waren

3.1. Vergleich zwischen Festmistlagerung und -kompostierung

Der mobile Emissionsmeßraum kam im Sommer 1996 bei einem Vergleich zwischen Festmistlagerung und -kompostierung zum Einsatz. Auf zwei betonierten Platten wurden 2,5*5,5*1,5 m große Mieten aufgesetzt. Der Mist stammte aus einer Anbindehaltung für Milchkühe mit einer Einstreumenge von 2 kg/GV und Tag. Das entweichende Sickerwasser sammelte sich in einem Schacht unterhalb der Kompostplatten. Die Kompostvariante wurde im Laufe der zehnwöchigen Lagerung siebenmal umgesetzt, bei der Stapelmistvariante erfolgten keine Eingriffe. Der Kompost wurde händisch bei aufgebautem Meßraum umgesetzt, die dabei freiwerdenden Emissionen wurden gemessen. Der mobile Emissionsmeßraum stand abwechselnd über der Kompost- und über der Stapelmistvariante und fing die freiwerdenden Emissionen auf. Der Umbau von einer Variante auf die andere erfolgte dreimal pro Woche. Am Ende der Lagerung wurde bei aufgebautem Meßraum das Aufladen des Stapelmistes und des Kompostes simuliert. Anschließend wurde der Meßraum auf einer Grünlandfläche aufgebaut und der Mist darin ausgebracht. So konnte die Summe der Emissionen während der Lagerung, während der Umsetzens, während des Aufladens und während und nach der Ausbringung gemessen werden.

Abbildungen 2 und 3 zeigen die kumulierten CH_4- und N_2O-Emissionen im Verlauf der Festmistlagerung und -kompostierung. Die Angaben beziehen sich jeweils auf 1 kg Frischsubstanz. Aus dem anaerob gelagerten Stapelmist emittiert mehr CH_4 und N_2O als aus dem Kompost. Die CH_4-Emission aus dem Kompost kommt kurz nach Beginn der Kompostierung zum Erliegen, CH_4-Emissionen aus dem Stapelmist und N_2O-Emissionen aus Kompost und Stapelmist konnten während der gesamten Lagerdauer nachgewiesen werden.

Die kumulierten Ammoniakemissionen während der Lagerung waren beim Kompost deutlich höher als beim Stapelmist (Abb. 4). Nach 10 Tagen Lagerung nahmen die Ammoniakemissionen sprunghaft ab und kamen ab dem 20. Tag nahezu völlig zum Erliegen. Berücksichtigt man bei der Gesamtbilanz des Verfahrens auch noch die Emissionen während des Umsetzens, während des Aufladens und während und nach der Ausbringung, so ergibt sich das in Abbildung 5 dargestellte Bild. Bei Kompost konnten nach der Ausbringung keine Ammoniakemissionen mehr nachgewiesen werden. Beim Stapelmist stiegen die der Ausbringung nachweisbar. Nahezu 50 % der Gesamtammoniakemissionen des Stapelmistes

entwichen nach dessen Ausbringung. In der Summe waren die Ammoniakemissonen aus dem Stapelmist dennoch kleiner als aus dem Kompost. Der Zeitraum nach der Ausbringung darf in einer Gesamtbilanz nicht fehlen.

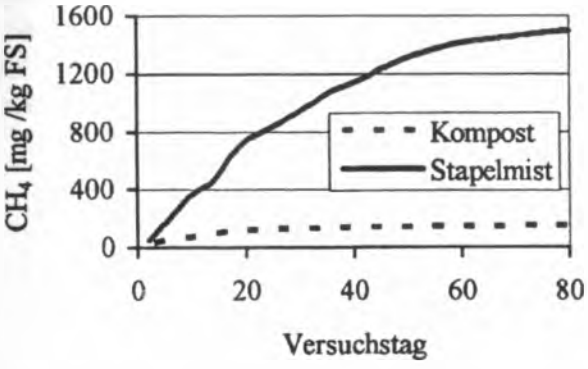


Abb. 2: Kumulierte Methanemissionen im Verlauf der Festmistlagerung und - kompostierung

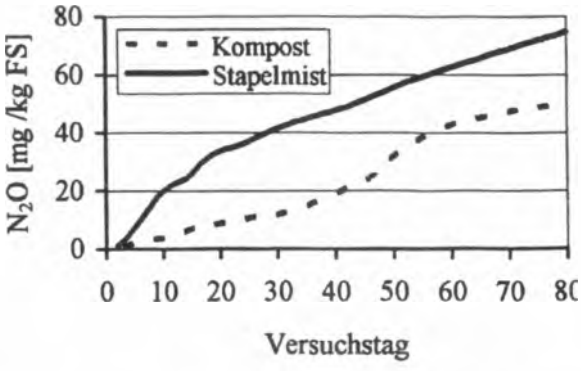


Abb. 3: Kumulierte Lachgasemissionen im Verlauf der Festmistlagerung und - kompostierung

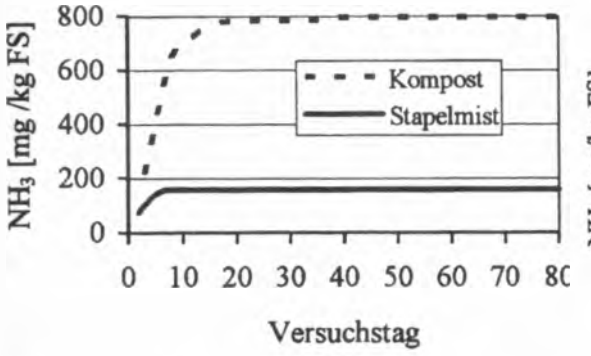


Abb. 4: Kumulierte Ammoniakemissionen im Verlauf der Festmistlagerung und -kompostierung

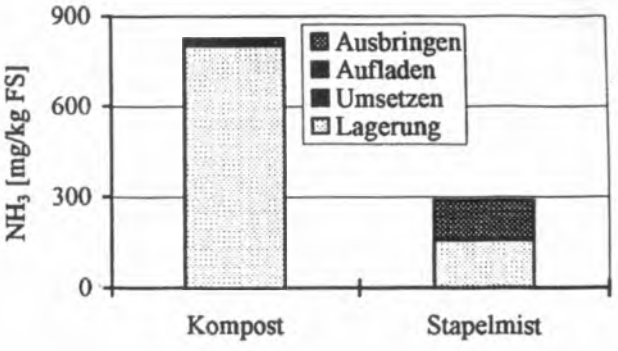


Abb. 5: Gesamtammoniakemissionen bei Festmistkompost und Stapelmist

3.2. Emissionen aus der Mastbullenhaltung

In den Monaten Oktober, November und Dezember wurden insgesamt fünf Wochen lang Emissionen aus einem Tretmiststall für 20 Mastbullen gemessen. Es handelte sich um einen zwangsentlüfteten Stall mit zentralem Abluftkamin. Die Zuluft gelangte über eine Porendecke in den Stall. Während des Meßzeitraumes war der mobile Emissionsmeßraum vor dem Stall aufgebaut. Der Tretmiststall wurde einmal täglich entmistet und der Mist in den Meßraum eingebracht. So konnten sowohl die Emissionen aus dem Stall (im Abluftkamin) als auch die Emissionen bei der anschließenden Mistlagerung gemessen werden.

Bei der Mastbullenhaltung wurden zwei Varianten untersucht: Hohe Einstreumenge (5 kg Stroh/GV und Tag) und niedrige Einstreumenge (2,5 kg Stroh/GV und Tag). Begonnen wurde mit der Emissionsmessung bei hoher Einstreumenge, anschließend wurde die Einstreumenge reduziert. Da die Liegefläche des untersuchten Tretmiststalles wenig tief und die Mistmatratze nicht hoch war, konnte nach vier Wochen reduzierter Einstreu von einem Austausch des

Mistes im Stall ausgegangen werden. Es wurden dann die Emissionen bei niedriger Einstreumenge gemessen.

Parallel zu den Emissionsmessungen führte die Abteilung Viehwirtschaft einen Fütterungsversuch durch. Futterinhaltsstoffe, Futteraufnahme und tägliche Zunahmen wurden erfaßt und sind bei der Interpretation der Meßergebnisse wertvolle Hinweise. Die Tiere waren zu Beginn des Versuches im Durchschnitt 426 kg schwer, am Ende hatten sie ein durchschnittliches Gewicht von 528 kg erreicht. Während der Emissionsmessungen wurde an jeweils drei Tagen die Tieraktivität festgehalten, um mögliche Verbindungen zur Emissionsrate herstellen zu können.

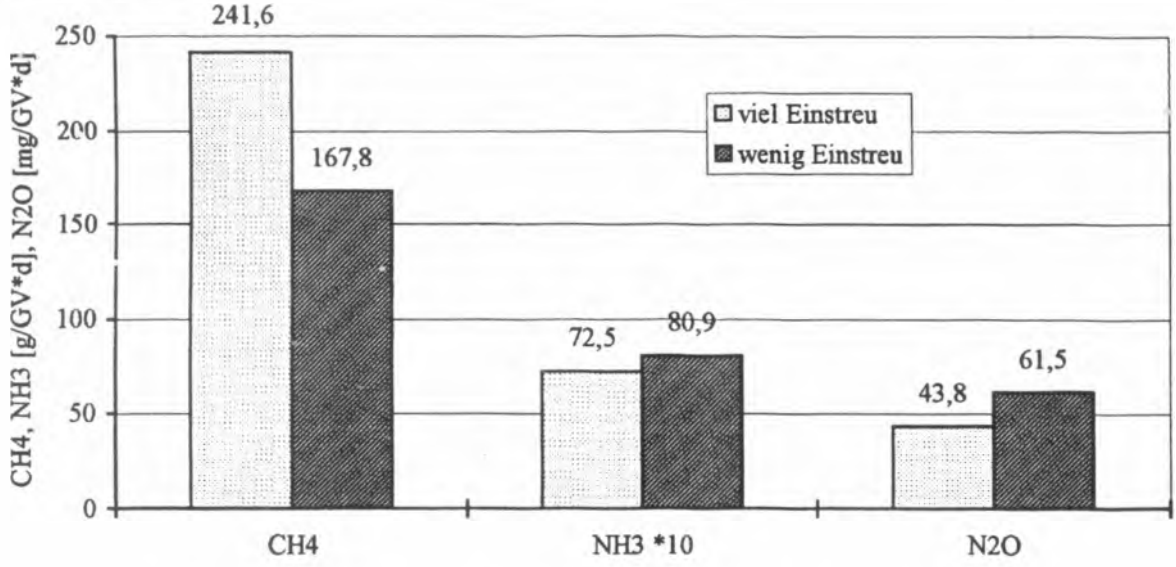


Abb. 6: Emissionen von CH_4, NH_3 und N_2O aus einem Tretmiststall für Mastbullen bei hoher (5 kg/GV*d) und niedriger (2,5 kg/GV*d) Einstreumenge

Abbildung 6 zeigt eine vorläufige Auswertung der Emissionen von CH_4, NH_3 und N_2O pro GV und Tag bei viel und wenig Einstreu. Die NH_3-Emissionen wurden mit 10 multipliziert, um eine gemeinsame Darstellung von CH_4, NH_3 und N_2O in einer Abbildung zu ermöglichen. Die Methanemissionen entstammen hauptsächlich der Verdauung. Sie sind im Wesentlichen von der Futterzusammensetzung und Futteraufnahme abhängig. Diese änderte sich im Verlauf der Mast. Die Ammoniak- und Lachgasemissionen stiegen bei Reduzierung der Einstreu an. Da der Versuch mit reduzierter Einstreu vier Wochen nach dem Versuch mit hoher Einstreumenge stattfand, waren auch die Temperaturen im Stall niedriger. Ammoniakemissionen sind temperaturabhängig und sinken bei tieferen Temperaturen ab (HARTUNG 1995, OLDENBURG 1989). Dieser Einfluß wurde durch die reduzierte Einstreu jedoch überkompensiert, so daß trotz niedrigerer Temperaturen höhere Ammoniakemissionen gemessen wurden.

3.3. Emissionen aus der Milchviehhaltung

Die 12 Milchkühe standen in einen zwangsbelüfteten Anbindestall. Auch hier erfolgten die Emissionsmessungen in der zentralen Abluft. Vor dem Stall war wiederum der mobile Emissionsmeßraum aufgebaut. Es wurden Emissionen bei der Anbindehaltung auf Flüssigmist und auf Festmist verglichen. Für die Emissionen der „Festmistvariante" wurden die Gitterroste hinter den Kühen mit Platten abgedeckt und 2 kg Stroh pro Kuh und Tag eingestreut. Der Mist wurde zweimal täglich händisch aus dem Stall gebracht und in den Meßraum eingelagert. Diese

Vorgehensweise hatte den Vorteil, daß im gleichen Stall bei gleichen Tieren und gleicher Fütterung zwei Varianten der Anbindehaltung untersucht werden konnten. Jede Variante wurde zweimal wiederholt

Auch die Milchkühe waren in einen Fütterungsversuch eingebunden, aus dem Daten zu Futteraufnahme, Futterinhaltsstoffen und Milchleistung zur Verfügung standen. Vom 09. bis 14. Dezember erfolgte ein Exaktverdauungsversuch, bei dem u.a. die Exkremente getrennt nach Kot und Harn gesammelt und analysiert wurden.

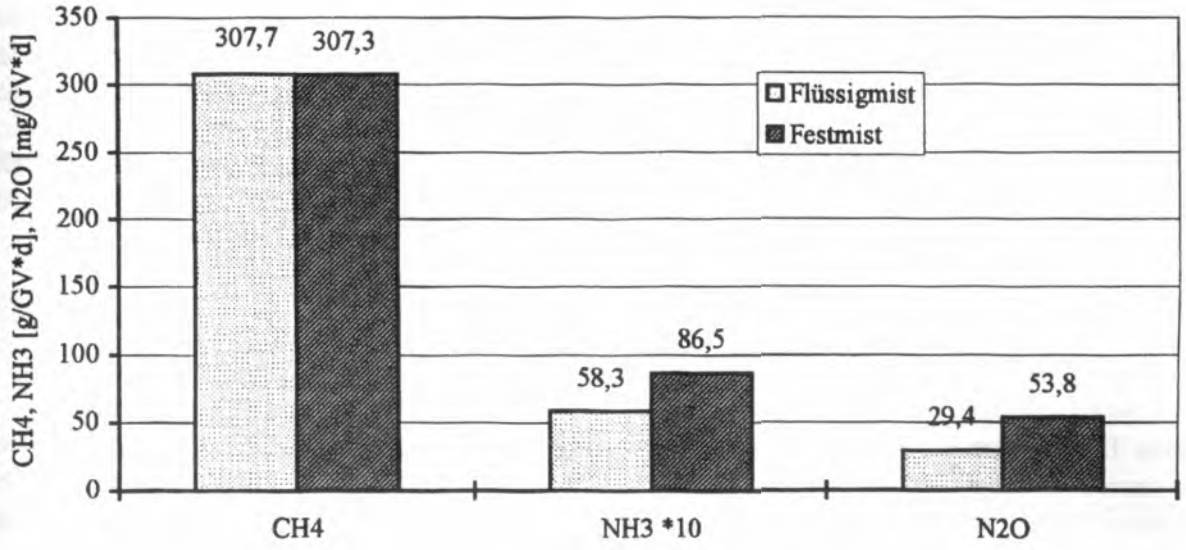


Abb. 7: Emissionen von CH_4, NH_3 und N_2O aus einem Anbindestall für Milchkühe mit Flüssigmist und Festmist

Abbildung 7 zeigt die Emissionen von CH_4, NH_3 und N_2O pro GV und Tag aus einem Anbindestall für Milchkühe. Zunächst wurden die Emissionen bei Flüssigentmistung gemessen (helle Säule). Die Exkremente fielen hinter den Tieren durch einen Gitterrost und sammelten sich in der Güllegrube. Bei der Festmistvariante war dieser Gitterrost mit Platten abgedeckt, es wurden 2 kg Stroh pro Kuh und Tag eingestreut. In Abbildung 7 ist der erste Versuchsdurchgang dargestellt, die Wiederholung des Versuches war zum Zeitpunkt der Beitragsabgabe noch im Gang. Die Festmistvariante schloß direkt an die Flüssigmistvariante an, die Temperaturen waren in etwa identisch. Es zeigt sich, daß bei gleicher Temperatur die Ammoniakemissionen aus dem Festmistsystem höher sind als aus der Flüssigmistsystem. Dies kann mit der größeren emissionsaktiven Oberfläche des Mistes erklärt werden. Im Stall findet kaum eine Vermischung des eingestreuten Strohs mit den Exkrementen statt, so daß eine Reduzierung der Ammoniakemissionen durch die Einstreu im Stall nicht erfolgt.

4 Schlußfolgerungen aus den bisherigen Ergebnissen

Die bisherigen Ergebnisse der Emissionsmessungen lassen folgende Schlußfolgerungen zu:

- Der am ILUET entwickelte mobile Emissionsmeßraum eignet sich zur Bestimmung umwelt- und klimarelevanter Gase aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung unter praktischen Bedingungen.

- Bei der Beurteilung der Umweltrelevanz eines Verfahrens muß die gesamte Verfahrenskette vom Stall über die Lagerung bis hin zur Ausbringung berücksichtigt werden (siehe Ammoniakemissionen bei Lagerung und Ausbringung von Stapelmist).
- Bei der Beurteilung der Umweltrelevanz eines Verfahrens müssen umwelt- und klimarelevante Gase gemeinsam berücksichtigt werden (siehe CH_4- und N_2O-Emissionen beim Stapelmist, NH_3-Emissionen beim Kompost).
- Die Ammoniakemissionen aus der Anbindehaltung für Milchkühe liegen im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Werte (ISERMANN 1994). Bislang wurden Ammoniakemissionen aus Laufställen gemessen. Dort sind die emissionsaktiven Oberflächen größer als im Anbindestall. Emissionsarme Haltungssysteme sollten jedoch nicht im Widerspruch zu tiergerechter Haltung stehen. Ammoniakemissionen lassen sich auch durch Einstreu reduzieren: Trotz großen emissionsaktiven Oberflächen liegen auch die Ammoniakemissionen aus dem Tretmiststall für Mastbullen im unteren Bereich. Durch genügend hohe Einstreumengen lassen sie sich weiter reduzieren.

5 Zusammenfassung

Das ILUET entwickelte einen großen mobilen Emissionsmeßraum, der nach dem „open-dynamic-chamber-Prinzip" betrieben wird. Er kann in allen Verfahrensbereichen der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung über die emissionsaktiven Oberflächen gestellt werden. Seine große Grundfläche ermöglicht eine repräsentative Probenahme.

Der mobile Emissionsmeßraum wurde 1996 erstmals bei einem Vergleich zwischen Festmistlagerung und -kompostierung eingesetzt. Bei der anaeroben Festmistlagerung wurden höhere Methan- und Lachgasemissionen gemessen als bei der Festmistkompostierung. Der Kompost emittierte mehr Ammoniak als der Stapelmist. Etwa 50 % der Gesamt-ammoniakemissionen des Stapelmistes traten nicht während der Lagerung, sondern erst nach der Ausbringung auf.

Im Herbst 1996 erfaßte das ILUET Emissionen aus der Mastbullen- und Milchviehhaltung. Die Mastbullen standen in einem Tretmiststall. Die Wirkung der Einstreumenge auf den Umfang der Emissionen wurde untersucht. Bei Reduzierung der Einstreumenge stiegen die Ammoniakemissionen an.

Die Milchkühe standen in einem Anbindestall auf Flüssigmist. Dieser wurde während der Versuche zeitweilig in einen eingestreuten Stall umgewandelt: Die Gitterroste hinter den Kühen wurden mit Platten abgedeckt und 2 kg Stroh je Kuh und Tag eingestreut. So konnte bei gleichen Tieren und gleicher Fütterung der Unterschied in den Emissionen zwischen Flüssigmist- und Festmistsystem gemessen werden. Die Festmistvariante emittierte mehr Ammoniak, was mit der größeren emissionsaktiven Oberfläche des Mistes im Stall erklärt werden kann. Die Ammoniakemissionen aus dem Milchviehstall und aus dem Mastbullenstall liegen im unteren Bereich der aus anderen Untersuchungen bekannten Emissionswerte.

6 Literatur

ENQUÊTE-KOMMISSION: „SCHUTZ DER ERDATMOSPHÄRE“ des 12. Deutschen Bundestages (Hrsg.) (Bonn, 1995): „Mehr Zukunft für die Erde: Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz“, Economica Verlag

GRONAUER, A. ET AL. (1995): „Anforderungen und Lösungsansätze zur Bestimmung von Emissionsraten ökosystem- und klimarelevanter Gase aus der Landbewirtschaftung“. In: Institut für Agrartechnik Bornim, MEG, KTBL, AEL (Hrsg.), Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Potsdam-Bornim, S. 147-156

HARTUNG, E. (1995): „Entwicklung einer Meßmethode und Grundlagenuntersuchung zur Anmmoniakfreisetzung aus Flüssigmist“, MEG-Schrift Nr. 175, Dissertation Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik

ISERMANN, K. (1994): „Ammoniak-Emission der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung“. In: Enquête-Kommission: „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages, Studienprogramm Landwirtschaft, Kapitel E, Economica Verlag, Bonn, S. 1-250

OLDENBURG, J. (1989): „Geruchs- und Ammoniak-Emission aus der Tierhaltung“. In: KTBL (Hrsg.), KTBL-Schrift Nr. 333, Darmstadt

Emissionsverhalten von Offenställen für Mastschweine mittels Modellsimulation und Tracergasmessungen im Feldversuch

GUNNAR BREHME [1], KARL-HEINZ KRAUSE [2], HERMAN VAN DEN WEGHE [1]

[1] Dipl.-Ing. agr. G. Brehme, Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe, Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser/Ems der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 22, 49377 Vechta

[2] Dr.-Ing. K.-H. Krause, Institut für Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

1 Einleitung

Die Haltung von Mastschweinen in Offenställen bzw. in Ställen mit freier Lüftung gewinnt an Bedeutung. Aufgrund der niedrigen Investitionskosten für Gebäude und der zunehmenden Bedeutsamkeit in Fragen der Tiergerechtheit, gelten Offenställe als Alternative zu herkömmlichen zwangsbelüfteten Ställen. Angaben über das Emissionsverhalten und über die Ausbreitung der Emissionen in der näheren Umgebung derartiger Ställe existieren kaum.

Um zu einer Verringerung dieses Defizites beizutragen, erfolgen praktische Untersuchungen zum Emissionsverhalten eines einstreulosen Offenstalls für Mastschweine (Nürtinger System) sowie Ausbreitungssimulationen im Windkanal.

2 Grundlagen

Das entscheidende Kriterium für die Beurteilung des Emissionsverhaltens ist der Massenstrom $\dot{m}$. Nach MÜLLER (1994) stellt er das Produkt der Gaskonzentration in der Stalluft c und dem Abluftvolumenstrom $\dot{V}$ des Stallgebäudes dar:

$$\dot{m} = c * \dot{V} \qquad [m^3/h] \qquad (1)$$

Die Höhe des Massenstroms ist dabei hauptsächlich von der vorherrschenden Luftgeschwindigkeit und der Windrichtung, den Strömungsverhältnissen in den Zu- und Abluftöffnungen und von der Aufstallungsform, z.B. strohlos oder eingestreut, abhängig.

Das Messen der Gaskonzentrationen sollte möglichst kontinuierlich und mittels hochwertiger Gasanalyser (NDIR) an mehreren Punkten erfolgen, um vor allem kleinräumige Schwankungen genau zu erfassen.

Für die Bestimmung des Abluftvolumenstroms stehen verschiedene Verfahren zur Auswahl, z.B. Wärmebilanzen, Druckdifferenz- und Geschwindigkeitssensoren oder Tracergasmessungen, wobei die letztgenannte Methode derzeit als die geeignetste angesehen wird (MÜLLER, 1993).

Grundlage der Tracergasmethode ist der Einsatz eines ungiftigen, reaktionsträgen Gases, welches in der Luft normalerweise nicht enthalten ist. Die Stalluft wird mit diesem Tracergas (z.B. SF6) an möglichst vielen Stellen „markiert" und mit entsprechender Meßtechnik an

möglichst vielen Stellen angesaugt und detektiert. Anhand der Gaskonzentrationsdifferenz und der Kenntnis des Raumvolumens läßt sich die Luftwechselrate errechnen.

Es können prinzipiell drei Tracergasmethoden angewendet werden: die Abklingmethode, die Methode der konstanten Emission und die Methode der konstanten Gaskonzentration.

Der zu errechnende Abluftvolumenstrom bzw. die Luftwechselrate bei Durchführung der Abklingmethode ergibt sich nach folgender Gleichung:

$$n = \frac{\ln(c_0) - \ln(c_1)}{t_G} \qquad [1/h] \qquad (2)$$

Durch das Heranziehen des natürlichen Logarithmus der Anfangs- und Endkonzentration des eingesetzten Tracergases (c0 bzw. c1) über die gesamte Meßdauer (tG) hinweg erhält man eine Gerade, deren Steigung die Luftwechselrate n im Stall widerspiegelt (N.N., 1990).

Die Abklingmethode ist aufgrund der benötigten kurzen Zeitspanne und des geringen Ausstattungsbedarfs schnell und universell einsetzbar. Durch eine unzureichende Homogenisierung des Tracers mit der Stalluft kann es zu einer Verfälschung der Ergebnisse kommen. Bei der Anwendung der Abklingmethode wird nur die momentane Luftwechselrate bestimmt.

Bei der Beurteilung der Ausbreitung luftgetragener Schadgase aus Tierhaltungen ist der Ort des Auftretens sowie die Konzentration dieser Stoffe am Austrittsort von Interesse (KRAUSE und HAKE, 1994). Dabei wirken die atmosphärischen Bedingungen, wie Windgeschwindigkeit und Windrichtung, direkt auf das Ausbreitungsverhalten ein. Besonders durch die langgestreckten Seitenwandöffnungen wird ein richtungsabhängiger Abtransport der Stalluft verursacht.

Untersuchungen des Ausbreitungsverhaltens können in Windkanälen durchgeführt werden. Hier wird ebenfalls ein Tracergas freigesetzt und dessen Konzentration im Nachlaufbereich gemessen. Anhand der Konzentrationshäufigkeit an einem Punkt läßt sich das Ausbreitungsverhalten simulieren.

3 Material und Methoden

Im Rahmen einer Diplomarbeit am Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft in Vechta wurde das Emissionsverhalten eines frei gelüfteten Mastschweinestalls nach dem Nürtinger System untersucht. Der Stall befindet sich im Landkreis Diepholz (Niedersachsen). Es handelt sich um eine 800er Mastanlage, wobei die Versuche in den Gewichtsabschnitt der Tiere von ca. 70 kg LG fielen.

Schwerpunkt der Quantifizierung der gasförmigen Emissionen bilden Messungen der Luftwechselrate, da diese Größe in Offenställen schwierig und in der Regel nicht kontinuierlich bestimmt werden kann.

Die Konzentrationsmessung wird kontinuierlich an fünf Meßorten im Stall und an einem Ort außerhalb des Stalls (Hintergrundkonzentration) vorgenommen.

Zur Erfassung der Klimaparameter vor Ort dient eine eigene Wetterstation. Die Windgeschwindigkeit und Windrichtung werden kontinuierlich in zehn Meter Höhe gemessen. Die Registrierung von Temperatur, Niederschlag, Strahlungsintensität, Luftdruck und

Niederschlag erfolgt ebenfalls kontinuierlich in einer Höhe von zwei Metern über dem Erdboden.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die eingesetzten Meßtechniken zur Konzentrationmessung und Volumenstrombestimmung:

Tab. 1: Eingesetzte Meßsysteme zur Gaskonzentrations- und Abluftvolumenstromerfassung

Meßsystem	Meßprinzip	Meßparameter	Nachweisgrenze
Multigasmeßsystem (Brüel & Kjær): Multigasmonitor 1302, Multisampler 1303, Software 7620	Photoakustischer Nicht Dispersiver Infrarot Analyser (NDIR)	NH3, N2O, CO2, H2O	NH3 ≥ 0,19 ppm N2O ≥ 0,033 ppm CO2 ≥ 3,2 ppm H2O ≥ 50 ppm
Tracergasmeßsystem „AUTOTRAC“ (Tracer Tech): 5-Punkt-Injektionsmodul	Gaschromatograph mit Elektroneneinfangdetektor (ECD)	SF6	≥ 5 ppt

Das eingesetzte Multigasmeßsystem ermöglicht das gleichzeitige Erfassen von fünf Gasen sowie Wasserdampf. Durch die Verwendung eines Multisamplers ist die Gaskonzentrationsmessung an sechs Orten möglich. Das rechnergestützte Programm 7620 dient der Steuerung des Meßsystems und der Datenerfassung. Die Datensicherung erfolgt wöchentlich; die gemessenen Konzentrationswerte werden in Exceldateien transformiert und zur Berechnung der Massenströme herangezogen.

Der Luftvolumenstrom wird mit der SF6-Abklingmethode bestimmt, um Aussagen bezüglich einer momentanen Luftwechselrate zu treffen. Die Bestimmung des Volumenstroms erfolgt mit dem neuartigen System „AUTOTRAC“. Dieses Meßsystem besteht aus einer Gasanalyseeinheit mit ECD-Detektor und einem 5-Punkt-Injektionsmodul. Hiermit kann das Tracergas (1%iges SF6) an fünf Punkten in der Stallmitte injiziert werden. Das Ansaugen der Probengemische wird an acht relevanten Punkten einer Seitenwandöffnung vorgenommen.

Durch ein integriertes Rechenmodul liefert das AUTOTRAC-System, unter Berücksichtigung der erfaßten Spurengaskonzentrationsänderung und des Stallvolumens, unmittelbar nach Ende eines Meßvorganges die Luftwechselrate. Diese wird zu Volumenströmen umgerechnet. Durch Multiplikation mit den entsprechenden Konzentrationswerten wurden die korrespondierenden Massenströme errechnet. Aufgrund der Vielzahl an durchgeführten Versuchen (33 Messungen innerhalb eines vierwöchigen Zeitraums) kann ein aussagekräftiger, durchschnittlicher Abluftvolumenstrom ermittelt werden.

Die Volumenstrom- und damit Massenstromberechnungen erfolgen stichprobenartig. Je nach vorherrschenden Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverhältnissen werden verschiedenartige Versuche durchgeführt. Um den Luftdurchsatz des frei gelüfteten Stalls

möglichst reell wiederzugeben, werden Differenzierungen hinsichtlich des Öffnungsgrades der Stallseitenwände vorgenommen. Die Versuche erfolgen bei geschlossenen, halb geöffneten und geöffneten Seitenwänden. Somit lassen sich differenzierte Aussagen bezüglich des Emissionsverhaltens bei variierender Jalousiestellung treffen.

Der untersuchte Offenstall ist in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

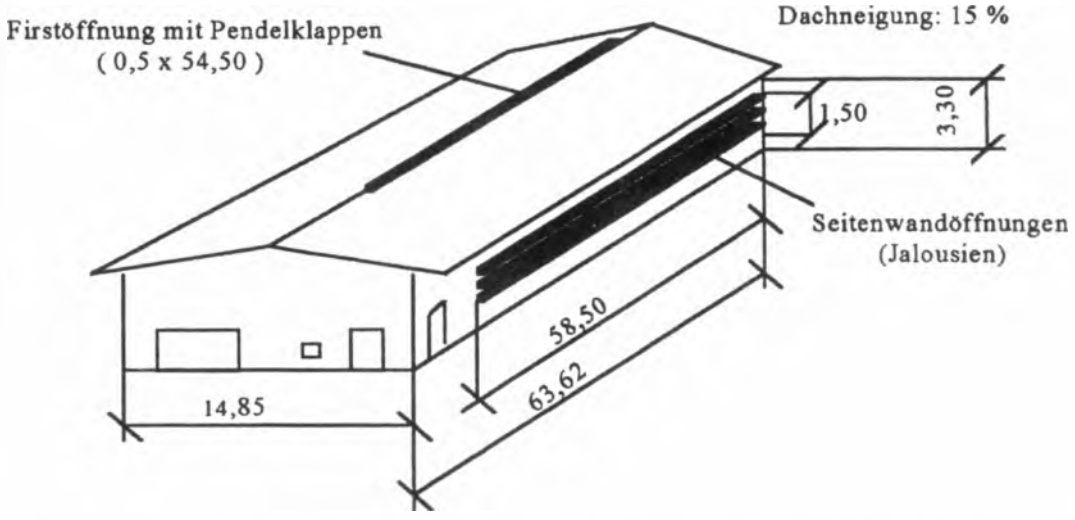


Abb. 1: Grafische Darstellung des Versuchsstalls mit freier Lüftung. Die schwarz gekennzeichneten Flächen, Seitenwandöffnungen und Firstschlitz, stellen Orte des Austausches der Stalluft mit der Außenluft dar. Alle Maßangaben in m.

Die Untersuchungen zum Ausbreitungsverhalten freigelüfteter Ställe im Windkanal sind am Institut für Biosystemtechnik der FAL Braunschweig-Völkenrode durchgeführt worden.

Im Windkanal wird verdünntes Propangas im Nachlaufbereich eines Modellstalls über einen steuerbaren Schlitten an vorprogrammierten Positionen angesaugt. Mittels eines Flammemionisationsdetektors (FID) wird die registrierte Konzentration gemessen und von 120 Meßwerten je Meßpunkt ein repräsentativer Mittelwert gebildet. An jedem Meßpunkt erfolgt ferner die Registrierung der dortigen Windgeschwindigkeit und Temperatur. Die gewonnenen Mittelwerte dienen dem Aufbau eines Simulationsmodells zum Erfassen des Ausbreitungsverhaltens der Emissionen aus Offenställen.

Die Ablauf der Versuche erfolgt bei Windgeschwindigkeiten von 1, 2 und 3 m/s sowie bei verschiedenen Anströmrichtungen (Quer-, Schräg- und Längsanströmung). Hierdurch kann die Abhängigkeit freigelüfteter Systeme von unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen untersucht werden.

4 Ergebnisse

Im folgenden werden die Verläufe und die Höhe der Ammoniak- und Lachgaskonzentrationen über einen ausgewählten Zeitraum sowie die errechneten Abluftvolumenströme und Massenströme diskutiert.

4.1 Konzentrationen

Wie in Abbildung 2 ersichtlich, können die Ammoniakkonzentrationen in Offenställen größeren Schwankungen unterliegen. Dies ist vor allem auf die Abhängigkeit freigelüfteter Systeme von den äußeren Temperaturen - und damit auch stallinternen Temperaturen - und auf die herrschende Windgeschwindigkeit zurückzuführen. Starke Temperaturstürze (z.B. am 8./9.11.) bewirken eine Senkung der Ammoniakfreisetzung aus dem gelösten Ammonium in der Gülle. Die Höhe der NH3-Konzentrationswerte an kälteren Tagen, z.B. am 7.11., liegt ca. 1,5 bis 2 mg/m3 unter dem Mittelwert von 3,1 mg/m3 der Meßperiode.

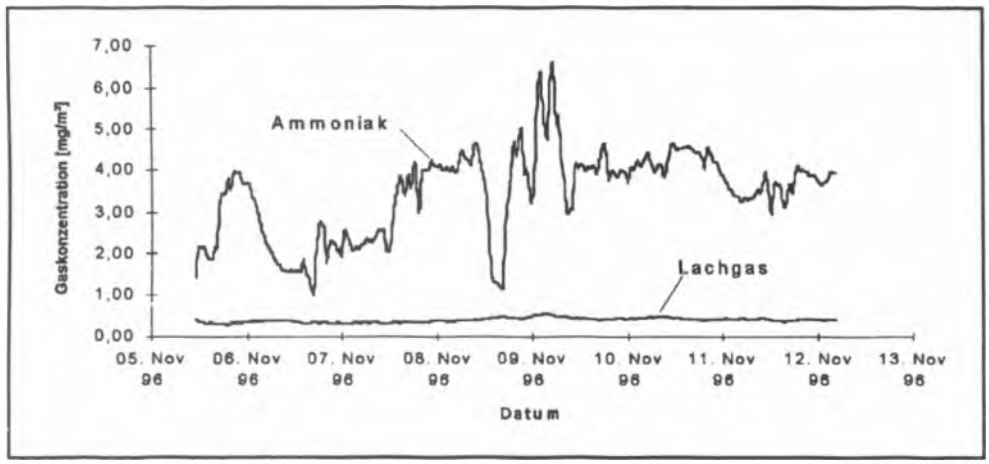


Abb. 2: Aus fünf Meßpunkten gemittelte Konzentrationen an Ammoniak und Lachgas in der Stalluft im Verlauf einer Woche (5.11. bis 12.11 96). Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit und Windrichtung im Verlauf dieser Woche betragen 4,2 m/s bzw. 217,2°.

Als Ursache für die insgesamt geringen Ammoniakkonzentrationen, im Vergleich zu zwangsbelüfteten Ställen, kann auch die relativ geringe verfügbare Kotfläche im Nürtinger System angesehen werden. Lediglich 15 % der Buchtenfläche stehen den Tieren als Kotbereich zur Verfügung. Die geringe verfügbare Kotfläche kann aber auch zu einer verstärkten Verschmutzung der sonstigen Flächen führen, insbesondere, wenn die Stalltemperatur unter die Optimalwerte fällt. In den Untersuchungen ist festgestellt worden, daß die Tiere bei Stalltemperaturen unter 13°C den Kotbereich schlechter annehmen und ihre Fäkalien verstärkt auf den planbefestigten Laufflächen absetzen. Dies kann unter Umständen zu einer Erhöhung an freigesetztem Ammoniak führen.

Die Lachgaskonzentration weist einen konstanten Verlauf auf. Sie beträgt im Mittel 0,4 mg/m3 und liegt geringfügig über der Nachweisgrenze des verwendeten NDIR-Gerätes. Eine Abhängigkeit des Lachgas von stallinternen Parametern, wie Temperatur oder relativer Luftfeuchte, kann nicht festgestellt werden.

4.2 Volumenströme

Die in Abbildung 3 dargestellten Abluftvolumenströme sind ausschließlich mit der Abklingmethode ermittelt worden. Hiermit kann nur eine aktuelle Abschätzung des Abluftvolumenstroms unternommen werden. Versuche mit der Methode der konstanten Konzentration werden im weiteren Untersuchungsverlauf durchgeführt und ermöglichen eine kontinuierliche Erfassung der Luftwechselrate.

Für die Bestimmung des Luftdurchsatzes sind Differenzierungen im Öffnungsgrad der Stallseitenwände vorgenommen worden. Hiermit können Aussagen bezüglich der Höhe des Abluftvolumenstroms bei unterschiedlicher Jalousiestellung getroffen werden. Unter „geschlossenen" Seitenwänden ist dabei der Fall heruntergelassener Jalousien zu verstehen, d.h es findet nach wie vor ein Luftaustausch zwischen Stall- und Außenluft statt.

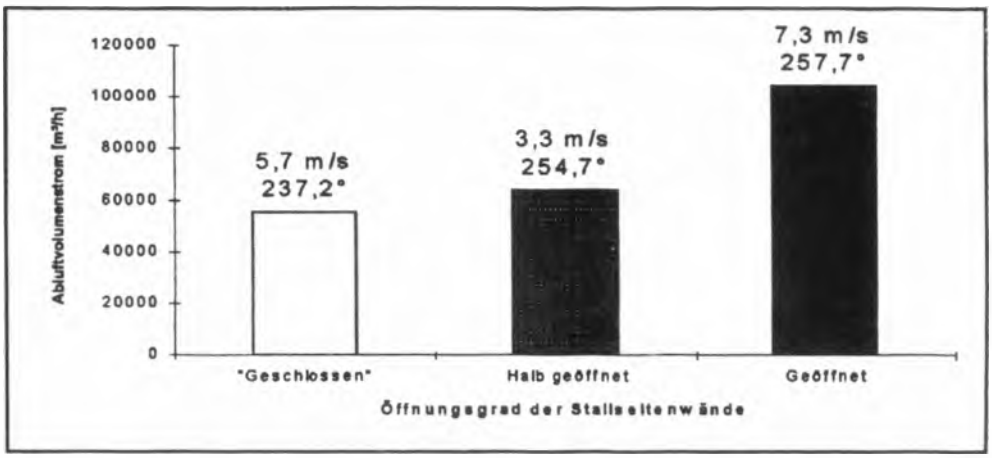


Abb. 3: Höhe der durchschnittlich errechneten Abluftvolumenströme (stichprobenartig im Zeitraum vom 5.11. bis 20.11.96) bei unterschiedlichem Öffnungsgrad der Stallseitenwände und geschlossenem First. Die jeweiligen Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen sind angegeben.

Die weitestgehend identische Windrichtung in den Versuchen erlaubt einen direkten Vergleich der Abluftvolumenströme in bezug auf die Windgeschwindigkeit. Wie Abbildung 3 zeigt, ist es aufgrund unterschiedlicher Windgeschwindigkeiten schwierig, vom errechneten Volumenstrom bei geschlossenen Seitenwänden auf den zu erwartenden Volumenstrom bei halb geöffneten bzw. geöffneten Seitenwänden zu schließen.

Der durchschnittliche Abluftvolumenstrom bei geschlossenen Jalousien beträgt 55.213 m3/h. Umgerechnet pro Tierplatz, bei einem Besatz von 800 Tieren, ergibt sich ein spezifischer Abluftvolumenstrom von 69 m3/h. Werden die Seitenwände halb geöffnet, erhöht sich der Abluftvolumenstrom pro Tier auf 80 m3/h, bei geöffneten Jalousien auf 131 m3/h. Es muß allerdings betont werden, daß diese Werte in den Herbstmonaten ermittelt wurden und eine sehr ausreichende Windgeschwindigkeit von durchschnittlich 5,2 m/s vorhanden war. Weiterführende Untersuchungen in den Sommermonaten müssen angestellt werden, um festzustellen, inwieweit eine optimale Durchlüftung des Offenstalls unter ungünstigeren atmosphärischen Bedingungen gewährleistet wird.

4.3 Massenströme

Hinsichtlich der Emissionsmassenströme freigelüfteter Mastschweineställe existieren bislang keine vergleichbaren Angaben. Aus diesem Grund stellen die hier ermittelten Werte erste Anhaltspunkte dar. Sie müssen durch mehrfaches Wiederholen auf ihre Sicherheit geprüft werden. Dennoch können erste Aussagen über die zu erwartenden Massenströme aus diesem Stallsystem getroffen werden.

Die Emissionsmassenströme für Ammoniak und Lachgas sind in g/Tier und Tag ausgewiesen (s. Abbildung 4). Das ist sinnvoll, da es sich bei der Volumenstrombestimmung, und somit auch bei der Berechnung der Massenströme, um stichprobenartige und nur für einen eng

begrenzten Zeitraum gültige Betrachtungen handelt. Fehler bei der Extrapolation, z.B. auf Jahresbasis, werden dadurch vermieden.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, daß höhere Abluftvolumenströme zu höheren Emissionsmassenströmen führen. Dabei muß berücksichtigt werden, daß Offenställe keine eindeutig definierten Abluftöffnungen aufweisen, und es so zu Konzentrationsunterschieden im Stall und zu Unterschieden im Emissionsverhalten einzelner Stallabschnitte kommen kann.

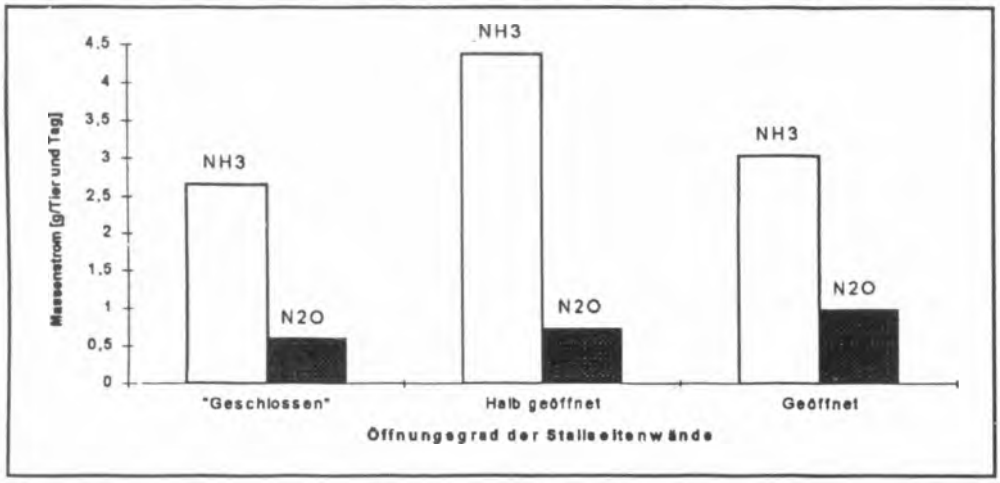


Abb.4: Höhe der durchschnittlich errechneten Massenströme an Ammoniak und Lachgas (in g je Tier und Tag) bei unterschiedlichem Öffnungsgrad der Stallseitenwände und geschlossenem First.

Mit durchschnittlich 3,1 g/Tier und Tag weist das untersuchte Nürtinger System sehr geringe Ammoniakmassenströme im Vergleich zu zwangsbelüfteten Ställen auf. Die ermittelten Lachgasmassenströme von 0,8 g/Tier und Tag liegen im Bereich der Werte konventioneller Systeme.

4.4 Immissionsverhalten

Höhere Windgeschwindigkeiten und einhergehende höhere Abluftvolumenströme führen zu höheren Massenströmen. Die Gaskonzentrationen im Stall werden durch Verdünnungseffekte aber gleichzeitig herabgesetzt, so daß die Konzentration der austretenden Abluft bei hohen Luftgeschwindigkeiten geringer ist als bei niedrigeren Luftgeschwindigkeiten (s. Abbildung 5).

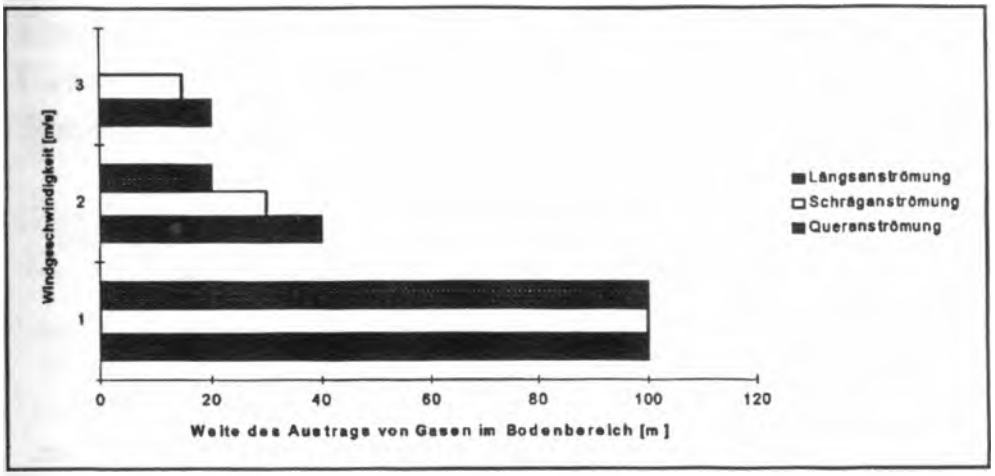


Abb.5: Einfluß der Windgeschwindigkeit auf die Weite des Austrags von Gasen eines quer-, schräg- und längsangeströmten Offenstalls. Unter Zugrundelegung des jeweils entferntesten Punktes im Windkanal, an dem noch 50 % der Quellkonzentration gemessen wurden sowie eines Modellmaßstabes von 1:100, ergeben sich obige Werte in m für die Realität.

Die Erhöhung der Windgeschwindigkeit von 1 m/s auf 2 und 3 m/s führt zu einer drastischen Verkürzung des Austrags von Schadgaskonzentrationen. Besonders ersichtlich ist das im Fall der Längsanströmung, d.h. einer firstparallelen Anströmung. Bei dieser Anströmrichtung sind die Gaskonzentrationen im Stall durch die stallinterne Gegenströmung (HINZ ET AL., 1995) besonders hoch; die Austrittsfläche der Abluft ist aber relativ klein. Die hohe Windgeschwindigkeit kann nun zu einer zügigeren Verdünnung der austretenden Stalluft beitragen.

Der Konzentrationsgradient senkrecht zur Windrichtung ist bei einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s kleiner als bei größeren Windgeschwindigkeiten, die Verdünnung der Abluft vollzieht sich deshalb über eine größere Distanz.

Unabhängig von der Anströmrichtung muß bei Windgeschwindigkeiten von 1 m/s noch in mindestens 100 Meter Entfernung vom Stall mit hohen Gaskonzentrationen gerechnet werden.

5 Zusammenfassung

Eine verbindliche Aussage über die Höhe der Emissionsraten aus freigelüfteten Ställen läßt sich aufgrund mangelnder Vergleichsmöglichkeiten derzeit noch nicht treffen. Die Untersuchungen dienen dem Ziel der weiteren Vertiefung hinsichtlich der Charakterisierung von Emissionen aus Offenställen.

Die ermittelten Ammoniakmassenströme des untersuchten einstreulosen Mastschweinestalls mit Nürtinger System liegen unter denen zwangsbelüfteter Ställe. Dies bezieht sich ausschließlich auf den untersuchten Zeitraum von Oktober 1996 bis November 1996.

Eine Abhängigkeit des Ausbreitungsgeschehens von der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung kann festgestellt werden.

Der Austrag an Emissionen aus dem untersuchten Stall ist auch von stallinternen Strömungsverhältnissen abhängig, welche im Rahmen der Versuche als konstant angenommen wurden.

6 Literatur

Hinz, T.; Krause; k.-h.; Müller, h.-j. (1995): Luftwechselraten in Louisianaställen. Landtechnik 50 (4), S. 232-233

Krause, K.-H.; Hake, H. (1994): Geruchsstoffimmissionen um einen Ferkelaufzuchtstall mit sog. Nürtinger System und freier Lüftung; im Zusammenhang mit dem Bundesimmissionsschutzgesetz. Institutsbericht KR04/94, Institut für Biosystemtechnik, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig-Völkenrode

Müller, H.-J. (1993): Messung von Geruchsstoff- und Schadgasemissionen aus Tierhaltungen. In: Technik und Verfahren in der Tierhaltung; Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Bornimer Agrartechnische Berichte, H. 3, S. 123-148

Müller, H.-J. (1994): Geruchs- und Schadgasemissionsströme aus Tierhaltungen. Landtechnik 49 (6), S. 360-361

N.N. (1990): Lüftungsmessungen mit Spurengasen. Brüel & Kjær GmbH, Quickborn

Emissionsratenanalyse variabler Emissionsquelltypen in der Landwirtschaft mittels open-path- und extraktiver FTIR-Spektroskopie

GRONAUER, ANDREAS[1]; GEORG DEPTA[1]; STEFAN NESER[1]; HANS SCHÖN[1]; KLAUS SCHÄFER[2]; INA STEINICKE[2]

[1] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Technische Universität München, Freising - Weihenstephan, D-85350 Freising

[2] Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung, D-82467 Garmisch-Partenkirchen

1 Einleitung

Die Bedeutung der Landwirtschaft als Emittent ökosystem- und klimarelevanter Gase ist seit Jahren unbestritten. Insbesondere die Komponenten NH_3, N_2O, NO, CH_4, CO_2 und CO weisen eine herausragende Bedeutung auf. Gleichzeitig sind landwirtschaftliche Verfahrensabläufe dadurch gekennzeichnet, daß aus unterschiedlichen Emissionsquelltypen unterschiedliche Massenströme dieser Komponenten in unterschiedlichen Zeitintervallen freigesetzt werden. Darüber hinaus zeigt sich zunehmend, daß emissionsmindernde Maßnahmen in einem Verfahrensteilschritt sowohl die Emissionen in nachfolgenden Teilschritten erhöhen können (z.B. Emission Stall ↓, Emission Mistlager + Mistausbringung ↑), als auch die Emissionsminderung einer Komponente mit der Erhöhung der Emissionsrate einer anderen Komponente korrespondieren kann (z.B. NH_3-Emission ↓, N_2O-Emission ↑). Aus diesen Zusammenhängen leiten sich schwerwiegende Konsequenzen und Anforderungen sowohl an die Methoden zur Emissionsratenanalyse als auch an die Art der gesamten Versuchsfragestellung ab. Übergreifend stellt sich zudem die Frage, mit welcher Datenqualität Emissionsraten sowohl auf Grund der Meßtechnik als auch des gesamten Versuchsaufbaues bestimmt werden müssen/können.

2 Methoden und Anforderungen an die Meßverfahren

Die variablen Quelltypen erfordern einerseits entsprechende Methoden zur Emissionsratenbestimmung, andererseits sind je nach Methode unterschiedliche Anforderungen an die einzusetzenden Meßtechniken zu stellen. Neben den quasi punktförmigen Quellen gerichteter Emissionen existieren in der Landwirtschaft diffuse Quellen unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung. Einen Methodenüberblick gibt GRONAUER, 1995.

Bei der Bestimmung von Gaskonzentrationen muß man die Anforderungen an das Meßverfahren an der Meßaufgabe orientieren: Für erste Indikationsmessungen eines Gases sind zum Beispiel Prüfröhrchen ausreichend. Gaswarnanlagen können mit chemischen Sensoren auskommen, wenn diese regelmäßig gewartet und erneuert werden; ähnliches gilt für Meßeinrichtungen zur Lüftungssteuerung.

Höhere Anforderungen müssen an Meßgeräte gestellt werden, mit denen verschiedene Bewirtschaftungs-Techniken (sei es in der Innen- oder Außenwirtschaft) verglichen werden sollen. Dabei stehen vor allem Vergleichbarkeit und Wiederholbarkeit im Vordergrund. Die höchsten Anforderungen sind dann zu stellen, wenn absolute Emissionsraten gemessen werden

sollen. Diese Meßergebnisse müssen zum einen mit Literaturwerten vergleichbar sein; zum anderen werden sie oft in Genehmigungsverfahren mit weitreichenden Konsequenzen verwendet oder fließen gar in Verordnungen oder Gesetze mit ein. Tabelle 1 zeigt die Anforderungen an die Gas-Meßtechnik bei der Bestimmung von Emissionsraten. Dabei gilt es zu beachten, daß die Messung *eines* Gases nicht ausreicht, um Verfahren zu beurteilen, es sollten immer *mehrere* Gase von Interesse gleichzeitig gemessen werden.

Tab.1: Allgemeine Anforderungen an die Meßtechnik zur Analyse von Gaskonzentrationen aus landwirtschaftlichen Quellen bei der Bestimmung von Emissionsraten. Die Begriffe in der linken Spalte der Tabelle sind definiert in den VDI-Richtlinien 2449/1/2.

Meßbereiche (orientiert an eigenen Messungen an Ställen, bewirtschafteten Flächen und Kompostieranlagen sowie an Literaturwerten)	NH_3: 0,1 - 150 ppm N_2O: 0,3 - 50 ppm CH_4: 2 - 10.000 ppm CO_2: 500 - 15.000 ppm CO: 0,5 - 20 ppm
Nachweisgrenze (orientiert an Hintergrundkonzentrationen)	NH_3: 5 ppb N_2O: 0,3 ppm CH_4: 1,5 ppm CO_2: 300 ppm CO: 0,1 ppm
Empfindlichkeit[1)]	2 %
Meßungenauigkeit	3 % vom Meßwert[2)]
Selektivität ("Querempfindlichkeit")	1 % bei üblichen Konzentrationen der Störgase
Wiederholbarkeit/Vergleichbarkeit	0,5 % / 1 % vom Meßwert
Nullpunkts- und Empfindlichkeitsdrift	keine Nachjustage während Meßzeitraum
Integrationszeit/Zeitauflösung	abhängig von der Meßaufgabe
Einsatzbedingungen	Stallklima

1) Eigentlich definiert als Differentialquotient aus der Änderung des Meßsignals pro Änderung der Gaskonzentration; hier: Meßbare Änderung der Konzentration bezogen auf den vorherigen Meßwert.
2) Die Emissionsrate (das Produkt aus Gas-Konzentrationsunterschied zur Umgebungsluft und Volumenstrom von der Quelle) sollte mit einer Meßunsicherheit von 5 % bestimmt werden können. Nach Vorversuchen und einer ersten Fehlerrechnung (in die vor allem der Fehler aus der Volumenstrombestimmung mit eingehen) muß für jedes einzelne Gas eine maximale Meßungenauigkeit festgelegt werden.

3 Prinzip des Doppelpendelinterferometers K300

3.1 Funktionsprinzip des K300

Das FTIR-Gerät K300 weist einige konstruktive Merkmale auf, um die in Tabelle 1 aufgelisteten Anforderungen zu erfüllen. Dabei sind mit einem mobilen Gerät sowohl extraktive Messungen möglich, bei denen Gas aus einer punktförmigen Quelle durch eine Gaszelle gepumpt wird, als auch Offenpfad-Messungen, bei denen Gaskonzentrationen über einen bis zu 500 m langen Pfad integriert ermittelt werden können.

Wie bei allen FTIR-Spektroskopen wird die Absorption der Gase zwischen Infrarotstrahler und Detektor mit Hilfe eines Interferometers vom Michelson-Typ verschiedenen Wellenzahlen zugeordnet: Aufgeteilt auf zwei Lichtpfade unterschiedlicher optischer Länge zeigt das wieder zusammengeführte Licht Minima und Maxima abhängig von dieser Länge. Dieser Vorgang entspricht einer Fouriertransformation des Spektrums. Mit Hilfe einer Rücktransformation im Computer wird das Spektrum wieder sichtbar und kann ausgewertet werden.

Statt eines festen und eines linear beweglichen Spiegels wird das Spiegelpaar beim K300 aber in einer Pendelbewegung geführt. Abbildung 2 verdeutlicht den Strahlengang: Nachdem das Licht vom Strahlteiler auf die beiden Schenkel des Interferometers aufgeteilt ist, fällt es über Kubus-Dreifachspiegel am Pendel auf feststehende Planspiegel. Von dort aus geht es den gleichen Weg zurück, vereint sich wieder im Strahlteiler und wird schließlich auf den Detektor fokussiert. Da durch das Pendel der eine Strahlengang im dem Maße verkürzt wird, wie sich der andere verlängert, und weil sich dieser Effekt durch die Umlenkung auf den Planspiegel noch verdoppelt, läßt sich mit einer kleinen mechanischen Bewegung eine große Änderung des optischen Pfades erreichen. Diese ist wichtig für eine große Auflösung der einzelnen Wellenzahlen im Spektrum.

Die Strahlung kann - je nach Stellung eines Schwenkspiegels - entweder über das Teleskop eingekoppelt werden (Offenpfad-Messung), oder über einen zweiten optischen Zugang aus einer Gaszelle. Dabei handelt es sich um einen Zylinder, in den das Licht eingekoppelt wird. Über Spiegel an beiden Enden wird das Licht mehrfach reflektiert, um einen längeren Pfad zu erzeugen. Die Gaszelle wird mit Hilfe einer Pumpe mit dem Meßgas gefüllt oder gespült.

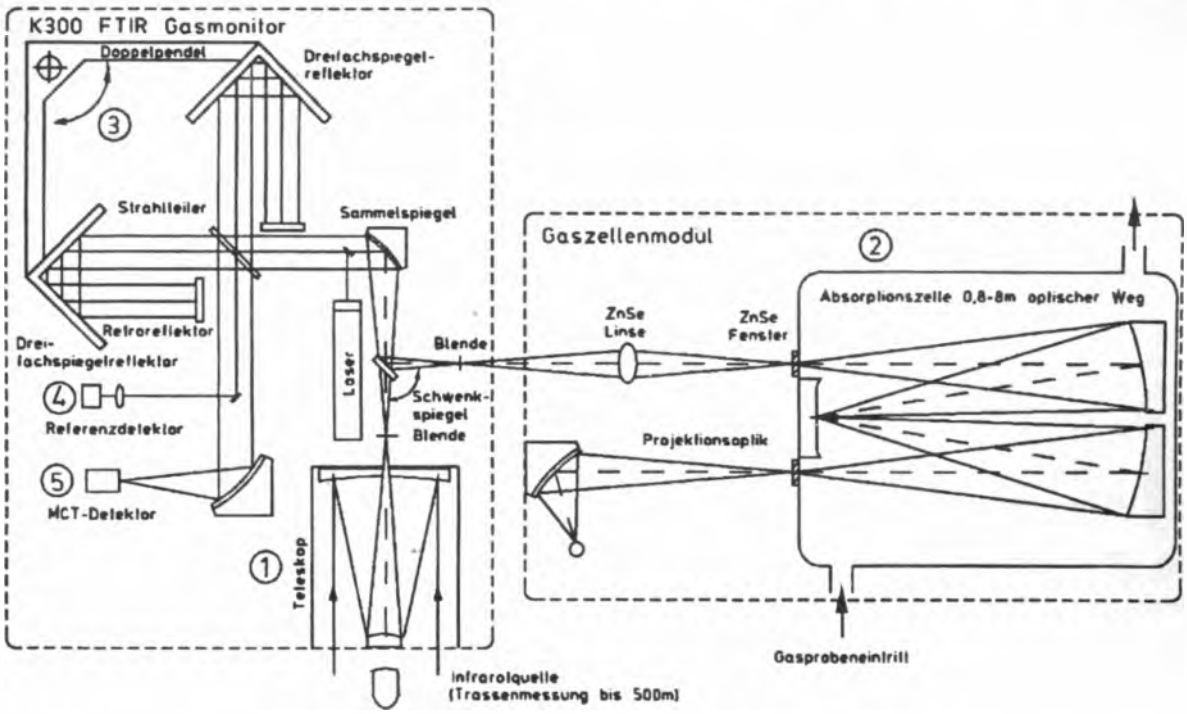


Abb.2 Schematischer Strahlengang im FTIR-Spektroskop K300 mit Gaszelle.

3.2 Spektralanalyse durch EVAL

Die typischen Absorptionsbreiten der untersuchten Spurengase liegen in einer Größenordnung von 0,2 cm^{-1}. Das Spektroskop K300 bietet eine Auflösung von bis zu 0,06 cm^{-1}, es genügt aber, genau mit 0,2 cm^{-1} zu arbeiten. Dann muß auch nicht befürchtet werden, daß die Linienform durch eine zu schlechte Auflösung beeinflußt wird. Gleiches gilt für Querempfindlichkeiten der zu betrachtenden Gase (CHILDERS, 1996).

Die Auswertung fußt direkt auf dem Beerschen Gesetz:

$$I_{(\nu)} = I_{0(\nu)} e^{-\alpha_{G(\nu)} l c_G} \Rightarrow c_G = -\frac{1}{\alpha_{G(\nu)}\, l} \ln \frac{I_{(\nu)}}{I_{0(\nu)}}$$

mit I als der am Detektor empfangenen und I_0 als der von der Strahlungsquelle ausgesandten Intensität, der Wellenzahl ν, der Gasart G, der Pfadlänge l und dem Absorptionskoeffizienten α; c ist die Konzentration des Gases.

Nach der Fouriertransformation wird - je nach Konzentration des Gases - eine von drei möglichen Linien pro Gas ausgewählt und, nach Korrekturen für die durch Rauschen verschobene Basislinie und die Eigenstrahlung des Gerätes, entsprechend dem o.g. Gesetz ausgewertet (Abbildung 3). Damit steht eine schnelle und für die in Tabelle 1 genannten Gase sichere Auswertemethode zur Verfügung. Die ermittelten Konzentrationswerte werden On-line auf einem Bildschirm dargestellt und zusammen mit dem Spektrum gespeichert.

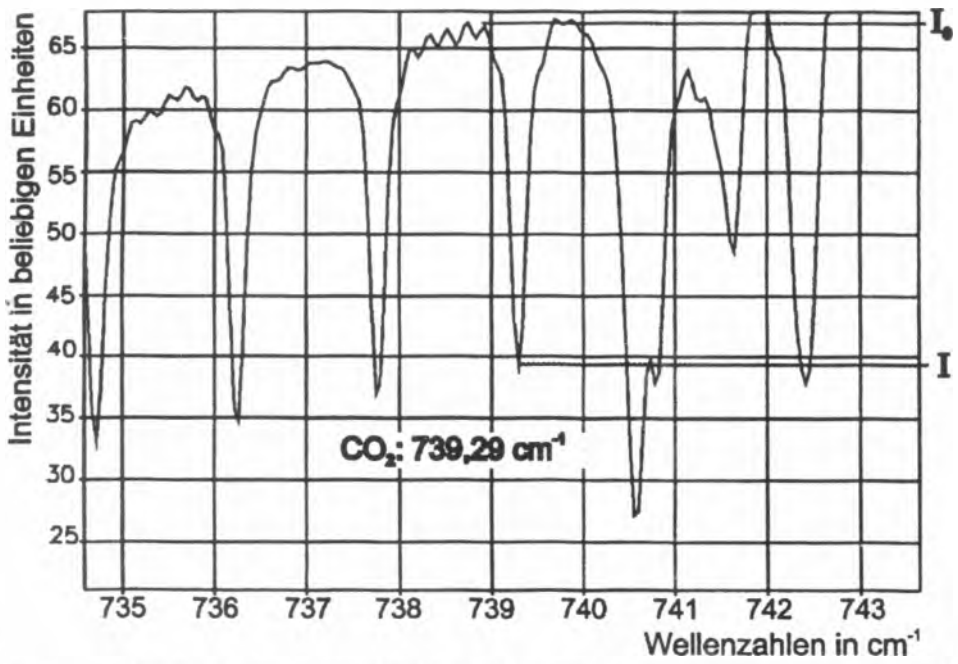


Abb. 3: Ausschnitt aus einem Spektrum: Konzentrationsauswertung nach dem Beerschen Gesetz.

3.3 Qualitätssicherung und -kontrolle

Dank der Gaszelle kann die Spektralanalyse regelmäßigen Kontrollen mit Prüfgasen unterzogen werden. Mit Hilfe dieser Kontrollen wurden die oben erwähnten Korrekturen validiert.

Wichtigstes Glied in der Konzentrationsanalyse ist der Absorptionskoeffizient α. Dabei handelt es sich vorderhand um eine Naturkonstante, die z.B. Spektraldatenbanken entnommen werden kann. Man muß allerdings darauf achten, daß α nur in eingeschränkten Bereichen der Absorbanz (ln I/I_0) konstant bleibt. Dabei gilt: je höher die Auflösung, desto größer ist der konstante Bereich (MOSEBACH, 1996). Qualitätskontrollen zeigten außerdem, daß die aus Datenbanken übernommenen Werte entweder mit Fehlern behaftet waren oder nur schlecht auf das vorhandene Gerät übertragen werden konnten.

Deshalb wurden mit dem Gerät an einer Gasmischstation an der Bundesforschungsanstalt für Landtechnik (FAL), Institut für Biosystemtechnik, eigene Kalibrationsspektren aufgenommen. Diesen Spektren wurde eine neuer Absorptionskoeffizient entnommen (DEPTA, 1996). Dabei ergaben sich Abweichungen von über 20 % gegenüber den aus der Datenbank entnommenen Werten.

Die oben gezeigte Auswertemethode wäre empfindlich gegenüber Wellenlängenverschiebungen des gesamten Spektrums. Deshalb wird bei jeder Meßkampagne die Stabilität der Wellenlängenzuordnung geprüft. Die Intensität des einfallenden Lichtes wird im Verlauf einer Meßkampagne abhängig von den Umgebungsbedingungen regelmäßig überprüft; sie darf nicht zu hoch sein, um Übersteuerungen zu vermeiden, und nicht zu gering, um das Signal-Rausch-Verhältnis hoch zu halten.

Wichtig zur Sicherung der Datenqualität ist auch eine sorgfältige Auswahl des Versuchsstandortes und ein sorgfältiger Aufbau der Meßeinrichtungen. Dazu gehören für extraktive Messungen vor allem die Auswahl und der Test der Schlauchleitungs- und Filtermaterialien. Weitere Qualitätssicherungs-Maßnahmen betreffen das Aufstellen und Einhalten von Hard- und Softwareprozeduren bei der Aufzeichnung von Spektren, eine gewissenhafte Protokollführung während der Versuche und eine übersichtliche und redundante Speicherung der aufgenommenen Spektren auch für spätere Untersuchungen auf Gase, die während der Aufzeichnung nicht von Interesse waren. Weiter muß für die Hardware ein Wartungsplan eingehalten werden. Diese Maßnahmen zur Qualitätssicherung- und kontrolle werden in Anlehnung an das für die US-Umweltbehörde EPA erstellte "Guidance Document" für FTIR-Messungen (RUSSWURM, 1996) und an die Arbeiten für die zu erwartende VDI-Richtlinie zu FTIR-Offenpfad-Messungen durchgeführt.

4 Anwendungsbeispiele und Ergebnisse

4.1 Emissionsraten aus der Legehennenhaltung

An den Legehennenstallungen der Landwirtschaftlichen Lehranstalten des Bezirks Mittelfranken in Triesdorf existieren 4 unterschiedliche zwangsentlüftete Stalltypen in einem gemeinsamen Stallgebäude. Bei einer praxisüblichen Stallführung handelt es sich trotzdem um übersichtliche Größen: ein Käfighaltungsstall und zwei unterschiedliche Volierenhaltungsställe mit je 600 Hennenplätzen und einen Bodenhaltungsstall mit 300 Hennenplätzen.

Das FTIR-Gerät wird hier mit einer 7,2 m-Gaszelle eingesetzt. Über einen zeitgesteuerten Meßstellenumschalter wird das Meßgas aus den jeweiligen Abluftströmen und einer Außenluft-Meßstelle durch beheizte FEP-Schläuche durch die Gaszelle gepumpt. Ein mit dem K300 aufgenommenes Spektrum wird dabei aus 100 Einzel-Scans gemittelt (Aufnahmedauer ca. 3,5 min). Die Volumenströme wurden mit Meß-Impellern, die den gesamten Kaminquerschnitt erfassen, bestimmt.

Tabelle 2 zeigt als Beispiel einen Vergleich der NH_3-Emissionsraten (nach einer 10-Tage-Messung) der verschiedenen Haltungsformen. Dabei wurde die Emissionsrate der Bodenhaltung mit 10,51 g/(h·500 kg Tiergewicht) gleich 100 % gesetzt. Genauere Ausführungen, auch was die Emissionen weiterer Gase angeht, finden sich in NESER, 1996.

Tab. 2: Vergleich der NH_3-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungsformen in der Legehennenhaltung

Bodenhaltung	Volierenhaltung	Käfighaltung
100 %	58 %	40 %

4.2 Emissionsraten nach Flüssigmistapplikation

Auf einem Versuchsfeld wurden 4 verschiedene Flüssigmist-Ausbringtechniken unter Praxisbedingungen bezüglich ihrer NH_3-Emissionsraten verglichen. Dabei handelte es sich um einen Doppel-Prallkopf-Verteiler, einen Prallschürzen-Verteiler, einen Schleppschlauch- und einen Schleppschuh-Verteiler. Die Gülle wurde auf streifenförmigen Plots in hinreichend großem Abstand nebeneinander ausgebracht.

Das Versuchsfeld lag in einem oberbayerischen Gebirgstal; die Plots wurden entlang der beiden Hauptwindrichtungen gelegt. Begleitend wurden umfangreiche meteorologische Messungen durchgeführt, mit deren Hilfe eine Ausbreitungsrechnung durchgeführt und überprüft wurde, um zusammen mit den gemessenen Gaskonzentrationen auf Emissionsraten zu schließen. Der Versuch wurde zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen, durchgeführt.

Das K300 wurde hier im Offenpfad-Modus eingesetzt. Zwischen jeweils zwei Plots wurde mit schwerem Fundament ein Drehteller gesetzt, auf dem ein K300 um 180° schwenkbar montiert wurde, so daß die Meßtrasse erst den einen, dann den anderen Plot in 1 m Höhe überstreichen konnte. Am Ende der Meßtrasse stand jeweils 1 IR-Strahler. Die Breite der Plots betrug 36 m, die Länge der 4 Meßtrassen jeweils 92,5 m.

Wieder wurden für ein Spektrum 100 Scans gemittelt. Unter regelmäßigem Schwenken wurden über einen Zeitraum von 96 Stunden Spektren aufgezeichnet und die Konzentrationen von NH_3, CO_2, H_2O, CH_4 und N_2O bestimmt. Abbildung 4 zeigt die kumulierte Emission von NH_3-N bezogen auf den NH_4-N-Gehalt in der Gülle. Die mittlere Tagestemperatur betrug 10,5 °C, die Globalstrahlung 113 W/m²; damit lassen sich die relativ niedrigen Werte erklären. Ab ca. 22:00 h setzte zudem immer stärker werdender Regen ein. Trotzdem sind die beiden flächigen Ausbringtechniken deutlich von den streifenförmigen zu unterscheiden. Genauere Ausführungen finden sich in SCHÄFER, 1997. Die Ergebnisse lassen sich in der Größenordnung der Emissionen z.B. mit BLESS, 1990, WILSON, 1982, COMFORT, 1990 oder SVENSSON, 1994 vergleichen.

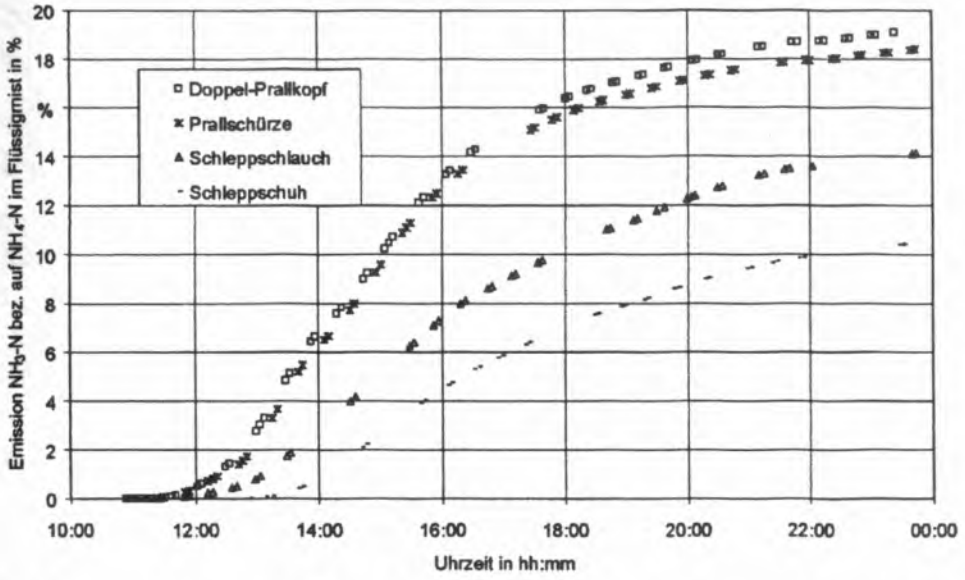


Abb. 4: Kumulierte NH_3-N-Emission nach der Applikation von Flüssigmist mit verschiedenen Ausbringtechniken

4.3 Emissionsraten aus einer geschlossenen Kompostierungsanlage

Über einen Zeitraum von 10 Tagen wurden an einer geschlossenen Kompostieranlage mit von unten belüfteter Tafelmietenkompostierung die Emissionen verschiedener Gase bestimmt. Die Fortluft wird an der Hallendecke abgesaugt und über zwei zentrale Rohre jeweils durch Luftwäscher und Biofilter gereinigt ausgeblasen.

Bei dieser Messung wurde das K300 wieder im Gaszellenmodus eingesetzt. Die Gasproben wurden entweder an den Abluftrohren oder mit Hilfe einer trichterförmigen Kammer über dem Biofilter entnommen. Dazu wurden wieder geheizte FEP-Schläuche eingesetzt. Der Gasvolumenstrom wurde mit Laser-Doppler-Anemometrie in der Fortluft bestimmt.

Bei N_2O wurde eine höhere Konzentration nach dem Biofilter festgestellt. In Tabelle 3 sind die Emissionen hochgerechnet auf ein Jahr zusammengefaßt. Über die Spurengas-Emissionen aus eingehausten Kompostierungsanlagen sind uns in der Literatur keine Werte bekannt.

Tab. 3: Hochgerechnete Gasemissionen einer eingehausten Kompostierungsanlage pro Eingangs-TM bzw. pro Jahr

Gasemissionen in kg/t Eingangs-Trockenmasse				
H_2O	CO_2	N_2O	CH_4	NH_3
1864	557	0,38	5,9	2,1
Gesamt-Gasemissionen in t/a				
6274	1873	1,30	19,9	7,2

5 Literatur

BLESS, H.-G. (1990): Ammoniak- Emissionen nach der Ausbringung von Flüssigmist. Studie im Auftrag d. Ministers f. Ernährg., Landwirtsch., Forsten u. Fischerei Schleswig-Holstein. Institut f. Pflanzenernährung u. Bodenkunde der Universität Kiel, 55 S.

CHILDERS, J.W., RUSSWURM, G.M. UND THOMPSON, E.L. JR. (1996): Instrumental Parameters and Their Effect on Open-Path FT-IR Data. In: 89th Annual Meeting and Exibition of the American Air & Waste Management Organisation, 23. bis 28. Juni 1996, Nashville, Tennessee, Artikel Nr. 96-MP5.07

COMFORT, S.D. ET AL. (1990): Nitrous oxide production from injected liquid dairy manure. In: Soil Sci.Soc.Am.J., 421-427

DEPTA, G. ET AL. (1996): Multigasanalyse der Emissionsraten landwirtschaftlicher Quellen. Darstellung der Meßverfahren FTIR und Laser-Anemoetrie. In: Landtechnik 51, Nr. 4, 206-207

GRONAUER, A. ET AL. (1995): Anforderungen und Lösungsansätze zur Bestimmung von Emissionraten ökosystem- und klimarelevanter Gase aus der Landbewirtschaftung. In: Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. (Hrsg.: Hörnig, G.) Institut für Agrartechnik Bornim, Humboldt-Universität zu Berlin, Potsdam-Bornim, 147-156

MOSEBACH, H. ET AL. (1996): Advantages of OP/FT-IR Monitoring with High (at least 0,2 cm^{-1}) Spectral Resolution: Theoretical Considerations and Relevant Experiments. In: International Symposium on Optical Sensing for Environmental and Process Monitoring, Dallas, Nov.1996

NESER, S. (1996): Emissionsvergleich von Haltungssystemen für Legehennen. In: Möglichkeiten zur Emissionsminderung im Bereich Intensivtierhaltung, Seminar am 07. November 1996 in Wackersdorf. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Wackersdorf, 71-78

RUSSWURM, G.M. UND CHILDERS, J.W. (1996): FT- IR Open Path - Monitoring Guidance Document, zweite Ausgabe. ManTech Environmental Technology, Inc., Research Triangle Park, NC 27709, 120 Seiten

SCHÄFER, K. ET AL. (1997): Test von Ausbreitungsmodellen zur Emissionsratenbestimmung aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen. In: Tagungsband zur 3. Internationalen Tagung Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kiel, 11. und 12. März 1997 (wird veröffentlicht).

SVENSSON, L. (1994): Ammonia voltalization following application of livestock manure to arable land. In: Journal agricultural Engineering Research 58, 241-260

THOMPSON, R.B., RYDEN, J.C. UND LOCKYER, D.R. (1986): Fate of nitrogen in cattle slurry following surface application or injection to grassland. In: Journal of Soil Science 38, 689-699

Danksagung: Besonders danken möchten wir Dr. J. Krahl und O. Schröder am Institut für Biosystemtechnik der FAL Braunschweig für die Hilfe bei der Kalibrierung des K300.

Die Arbeiten wurden gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und den Bayerischen Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen sowie für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten.

Spurengasanalytik in Abhängigkeit unterschiedlicher Haltungsverfahren in der Milchviehwirtschaft

GURK, STEFAN [1], REINER BRUNSCH[2], OTTO KAUFMANN[2]

[1] öbv landw. Sachverständiger (Emissionen und Immissionen), Hermann-Löns-Str. 9, 03050 Cottbus

[2] Institut für Angewandte Nutztierwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich Gärtnerische Fakultät, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

1 Einleitung

Bei der Auswahl von Haltungsverfahren der Milchproduktion in landwirtschaftlichen Betrieben gelten verschiedene Kriterien als maßgebend. Besondere Priorität besitzen der Investitionsspielraum sowie arbeitswirtschaftliche Aspekte.

Im Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz von Tierhaltungsanlagen ist es jedoch notwendig, tier- und umweltschützerische Gesichtspunkte im stärkeren Maße zu berücksichtigen. Bezieht man diese Überlegungen in die Auswahl mit ein wird offensichtlich, daß die Milchviehaltungsverfahren unter dieser Fragestellung zum aktuellen Zeitpunkt nicht schlüssig bewertet werden können.

Der gegenwärtige Kenntnisstand bezieht sich auf die Landwirtschaft als Emissionsverursacher klimarelevanter Gase in die Atmosphäre und die Einbringung von gefährdenden Stoffen in terrestrische Ökosysteme; tierartenübergreifende Beschreibung von emitierenden Quellen sowie die Wichtung von unterschiedlichen Produktionsabläufen bei der Tierhaltung, Abproduktlagerung und Verwertung von Wirtschaftsdüngern. Studien, die sich mit verschiedenen Haltungsverfahren beschäftigen, schätzen vorzugsweise die Schweinehaltung ein.

Die Verfügbarkeit hochpräziser Gasanalysetechnik setzt neue Ansprüche bei der Beurteilung von Emissions- und Immissionssituationen (Brunsch et al., 1995). Bisherige Ergebnisse auf der Grundlage der seperaten Bewertung von Spurengasen müssen durch Komplexanalysen mit Multigasmessungen überprüft werden.

Neben der externen Immissionswirkung sind die Emissionen am Entstehungsort auch wesentliche Einflußfaktoren für das Stallklima, wobei die Wechselwirkungen auf den tierischen Organismus und seine physiologische Leistungsfähigkeit wenig bekannt sind.

Unter Zugrundelegung dieser Bedingungen sowie der vorhandenen Mittel und Möglichkeiten wurden in praxisnahen Versuchsanstellungen methodische Aspekte von vergleichender Spurengasanalytik in Abhängigkeit unterschiedlicher Milchviehhaltungsverfahren untersucht. Die abgeleiteten Verfahrensanalysen zeigen unter dem Vorbehalt des erkannten Forschungsbedarfs Tendenzen in der Bewertung unterschiedlicher Aufstallungsvarianten von Milchvieh hinsichtlich ihres Emissionspotentials.

Im folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse vorgestellt, die aus Untersuchungen am Institut für Angewandte Nutztierwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin resultieren.

2 Meßverfahren und Methoden der Analyse

Für die vergleichende Analyse von verschiedenen Haltungsverfahren der Milchproduktion hinsichtlich ihres umweltbelastenden Potentials wurden die bestimmenden Faktoren innerhalb der Produktionsumwelt aufgezeichnet und in Verbindung mit den Stallklimameßdaten ausgewertet.

Der Aufbau der Versuchsanordnung leitet sich aus umfangreichen Voruntersuchungen ab. Diese methodischen Vorplanungen können in drei Phasen aufgegliedert werden:

- Datenerfassungsumfang und Beschaffung geeigneter Meßtechnik
- Analysen zum Meßverfahren
  - Zeitdauer und -abschnitt im Tagesverlauf
  - Meßpunktplatzierung
  - Einflußfaktoren
- Auswahl der Versuchsanlagen unter Ausschluß vermeidbarer Störfaktoren im Feldversuch

Der resultierende Untersuchungsrahmen staffelt sich in 3 Meßreihen (MR). In der dritten Staffel wurde mit erweiterter meßtechnischer Ausstattung die Anzahl der Meßpunkte (MP) im Stall auf sechs erhöht. Im Anlagenumfeld sind Kontrollmessungen vorgenommen worden, um das Außenklima und die Hintergrundkonzentration der Spurengase zu bestimmen. Jede Stallung wurde zur Relativierung der Konzentrationsangaben exakt vermessen.

Der Umfang des erhobenen Datenmaterials in den Versuchsställen über den gesamten Untersuchungszeitraum war einheitlich bestimmt. In jeder Meßreihe wurden neben der Multigasanalyse, der Lufttemperatur- und der Luftfeuchtemessung auch bestimmende Merkmale des Haltungssystems sowie die Tieraktivitäten aufgezeichnet.

Für die Spurengasanalyse wurde ein Multigasmonitor "Typ 1302" (Fa.: "Brüel&Kjäer") genutzt. Das robuste und mobil einsetzbare Meßgerät auf der Grundlage der photoakustischen Infrarot-Spektroskopie wurde für die spezielle Anwendung mit ausgewählten Filtern bestückt.

Tab. 1: Konfiguration des Multigasmonitors

Gas	Filter-Nr.	untere Nachweisgrenze [mg/m^3]	MAK-Wert [mg/m^3]
NH_3	UA 0976	0,11	35
CH_4	UA 0968	0,08	-
CO_2	UA 0983	5,84	9.000
N_2O	UA 0985	0,06	183*
SH_2	UA 0970	39,5	14

* - empfohlener Richtwert

Für die Berechnung der Querinterferenzen ist der 6. Filterplatz für H_2O reserviert. In der 3. Meßreihe wurden die sechs Meßpunkte durch den Mehrpunktprobennehmer "Typ 1309" angesteuert. Die Aufzeichnung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit erfolgte mit gleichgeschaltetem Meßintevall (150 s).

Die Methodik zum Meßverfahren selbst wurde über eine Vielzahl von Wiederholungen, Langzeitstudien sowie Variationen hinsichtlich der Positionierung des Meßpunktes erarbeitet. Für die Einflüsse unterschiedlicher Faktoren auf Spurengaskonzentrationen konnten die in der Tabelle 2 dargestellten relativen Größenordnungen ermittelt werden.

Tab. 2: Einfluß unterschiedlicher Faktoren auf die gemessene Gaskonzentration

Faktoren	Beschreibung	relativ
Jahreszeit	- klimatische Schwankungen	bis 80 %
Tagesabschnitt	- zirkadiane Außenklimaverschiebung	bis 30 %
Aktivität	- Umtrieb, Fütterung, Entmistung	bis 45 %
Meßpunkt	- verstärkter Substrateinfluß	bis 60 %
	- Inversion bei Schwerkraftlüftung	bis 35 %

Die Messungen erfolgten im Aufenthaltsbereich der Tiere. Die Datenerfassung beschränkte sich auf den Vormittag, um zirkadiane Einflüsse sowie Produktionsaktivitäten auszuschließen. Während der ersten und zweiten Versuchsreihe war der Meßpunkt (MP) in 1m Höhe über der Oberkante des Fußbodens (OKF) positioniert. Die Abbildung 1 stellt die prinzipielle Meßpunktanordnung der dritten Versuchsreihe dar. Die Höhe über OKF betrug für MP 1 - 0,3 m, MP 2 - 1,0 m, MP 3 - 2,0 m sowie für MP 4, 5 und 6 jeweils 3,4 m.

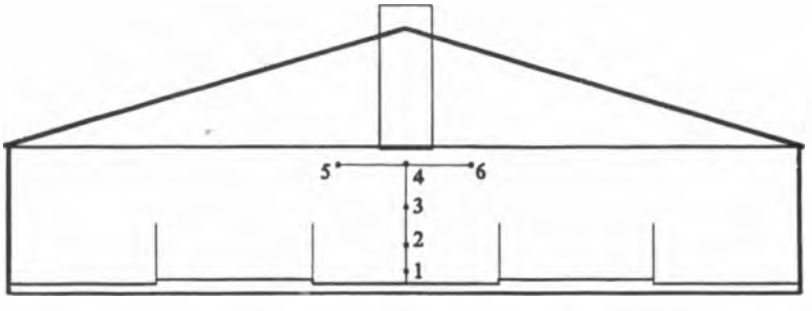


Abb. 1: Prinzipskizze zur Meßpunktanordnung (MP 1 bis MP 6) der dritten Versuchsreihe

Um Haltungsverfahren der Milchviehwirtschaft in einem Feldversuch vergleichen zu können und um den Einfluß unterschiedlicher Stallbauten (Stallbreite, -höhe, Dachneigung) auszuschließen, wurde eine Bauhülle ausgewählt, die als Stalltypenprojekt in Ostdeutschland

weite Verbreitung fand und in die unterschiedlichste Aufstallungsvarianten von Milchvieh integriert wurden.

Das Stalltypenprojekt L203 wurde in der ehemaligen DDR durch die Landbauprojektierung Potsdam entwickelt. Es handelt sich dabei um eine Stütze-Riegelkonstruktion. Die errichteten Ställe sind einheitlich in ihren Abmessungen, lediglich durch die unterschiedliche Anzahl der aneinandergefügten Elemente kann es zu Differenzen in der Stallänge kommen.

Für die Untersuchungen wurden 14 Produktionsstätten im Bundesland Brandenburg ausgewählt (siehe Tabelle 3).

Tab. 3: Aufstallungsform der ausgewählten Milchproduktionsbetriebe

Haltungsverfahren	Abkürzung	Anzahl	Bezeichnung (Kuhplätze)
Anbinde-Einstreu	AE	3 Stallungen	*A* (208); *B* (208); *C* (250)
Anbinde-Gülle unterflur	AGu	3 Stallungen	*D* (328); *E* (178); *F* (194)
Laufstall-Einstreu	LE	3 Stallungen	*G* (285); *H* (185); *I* (205)
Laufstall-Gülle unterflur	LGu	3 Stallungen	*K* (191); *L* (213); *M* (275)
Laufstall-Gülle oberflur	LGo	1 Stallung	*N* (201)
Laufstall-Tretmist	LT	1 Stallung	*O* (221)

An allen Standorten befinden sich die Abprodukte (Gülle, Festmist, Jauche) in Außenlagern. Die unterschiedlichen Aufstallungsvarianten werden einheitlich mit der Schwerkraftlüftung (freie Lüftung) bewirtschaftet. Zu diesem Zweck sind quadratische Abluftkamine stallmittig im Deckenbereich angeordnet.

Da für die Laufstallhaltung mit oberflurigem Güllesystem bzw. Tretmist jeweils nur eine Milchviehanlage zur Verfügung stand, können diese Verfahren nur ansatzweise in die vergleichende Beurteilung einbezogen werden.

3 Ergebnisse

Spurengaskonzentrationen der Stalluft sind raumbezogen und werden durch vielfältige Emissionsfaktoren bestimmt. In der Tabelle 4 sind konzentrationsbestimmende Größen für die untersuchten Milchviehbetriebe zusammengefaßt. Die emissionswirksame Fläche berechnet sich aus der Gesamtstallgrundfläche abzüglich der durch die Tiere nicht begehbaren Bereiche (Futtertisch, Beobachtungsgang u.s.w.).

Die traditionelle Anbindehaltung ist geprägt durch ein geringeres Flächenangebot je Tier sowie kompakte Aufstallungsformen. Im Laufstall werden durch Tier- bzw. Produktionsaktivitäten größere Flächenanteile verschmutzt.

Tab. 4: Raummaß und emissionswirksamer Stallflächenanteil der untersuchten Haltungsverfahren

Haltungsverfahren	Raummaß in m^3/GV	Emissionsflächenanteil in %
Anbinde-Einstreu (AE)	23,82	60,3
Anbinde-Gülle unterflur (AGu)	23,99	57,8
Laufstall-Einstreu (LE)	29,43	65,3
Laufstall-Gülle unterflur (LGu)	25,22	87,8
Laufstall-Gülle oberflur (LGo)	30,84	81,4
Laufstall-Tretmist (LT)	29,76	76,4

Die Zahlen in Tabelle 4 verdeutlichen, daß sich bei sinkender Bestandsdichte in der Laufstallhaltung der Anteil an emissionsrelevanter Stallfläche erhöht.

Abbildung 2 zeigt die gemittelten Stalluftkonzentrationen für NH_3 und CO_2 über den gesamten Untersuchungszeitraum. Die Abstufungen im Konzentrationsniveau der verschiedenen Haltungsverfahren lassen sich auch bei Einzelbetrachtung der Meßreihen sowie für die Spurengase Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) nachvollziehen.

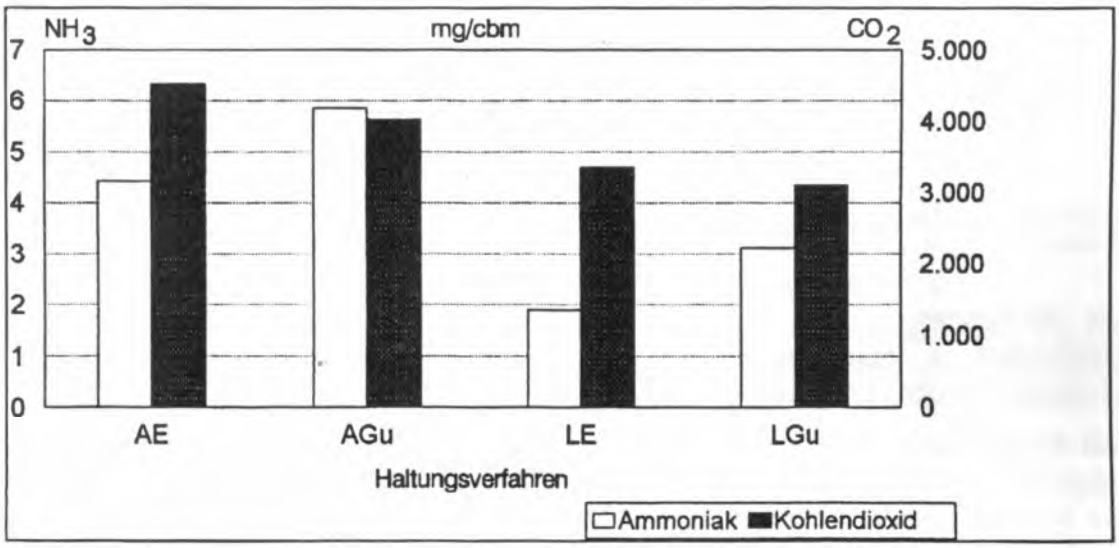


Abb. 2: Stalluftkonzentration von NH_3 und CO_2 über den gesamten Untersuchungszeitraum

Erwartungsgemäß fallen die Kohlendioxidwerte im Laufstall günstiger aus. Dieser Sachverhalt ist zum einen in der geringeren Besatzdichte (vgl. Tabelle 4 - Raummaß) und zum anderen lüftungstechnisch erklärbar. In Stallungen, die mittels Schwerkraft be- und entlüftet werden, ist der komplette Luftaustausch auf die Ausprägung einer natürlichen Raumluftwalze angewiesen.

Durch die stabile Reihenstruktur in Anbindehaltungen (AE, AGu) werden dagegen die Prozesse der freien Lüftung behindert.

Unter Einbeziehnung der in Tabelle 4 benannten Faktoren ist die Ammoniakkonzentration zu bewerten. Die NH_3-Freisetzung in Nutztierstallungen wird zu großen Teilen durch die Partialdruckdifferenz an Austauschflächen bestimmt. Der Anteil dieser emissionsrelevanten Flächen liegt bei den Haltungsverfahren mit höheren Ammoniakbelastungen (vgl. Abbildung 2) mindestens 8 % niedriger.

Für den Versuchsaufbau der dritten Meßreihe waren verschiedene Ansatzpunkte ausschlaggebend. Mit der Erweiterung auf die Multigas-Mehrpunktprobennahme im Stallquerschnitt ist die Bewertung des Referenzmeßpunktes der Meßreihen 1 und 2 möglich. Außerdem sollte das gewonnene Datenmaterial durch die Wiederholungen abgesichert werden.

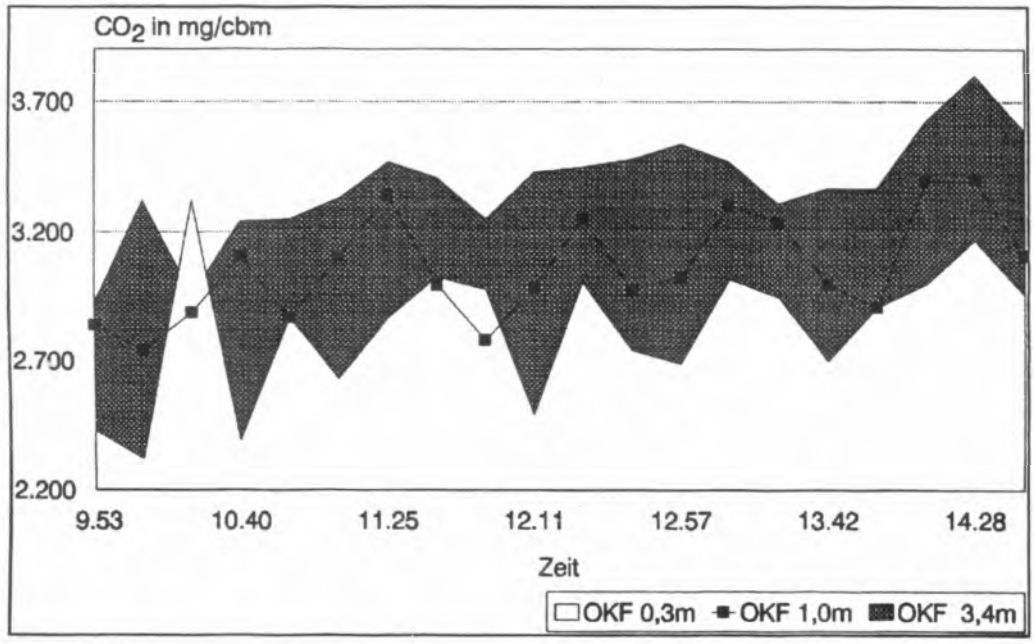


Abb. 3: Konzentrationsverlauf an den Meßpunkten 1, 2 und 4 (3. Meßreihe)

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen in typischer Weise Konzentrationsverläufe an den Meßpunkten im Stallquerschnitt (vgl Abb. 1). Um die Übersichtlichkeit der Darstellung zu gewähren, wurden nur 3 Meßpunkte (MP) abgebildet.

Aus den geringen Variationen der gemittelten Gaskonzentrationen (MP1 bis MP6) lassen sich lediglich für Kohlendioxid und Methan gerichtete Niveauunterschiede ableiten (vgl. Abb. 3). Die Konzentrationen erhöhen sich von MP2 zu MP4 um ca. 10 % und verringern sich in gleicher Größenordnung bei Absenkung des Meßpunktes von OKF 1m auf OKF 0,3 m.

Die statistischen Auswertungen zum Mittelwertvergleich (MP1 bis MP6) von Ammoniak und Lachgas weisen dagegen auf zufallsbedingte Differenzen hin. Die Streuung an den Meßpunkten überlagert mit ihrer Schwankungsbreite die Größenordnung der Mittelwertunterschiede. In der Abbildung 4 sind die Umkehrungen im Konzentrationsniveau im Verlauf der Messung erkennbar.

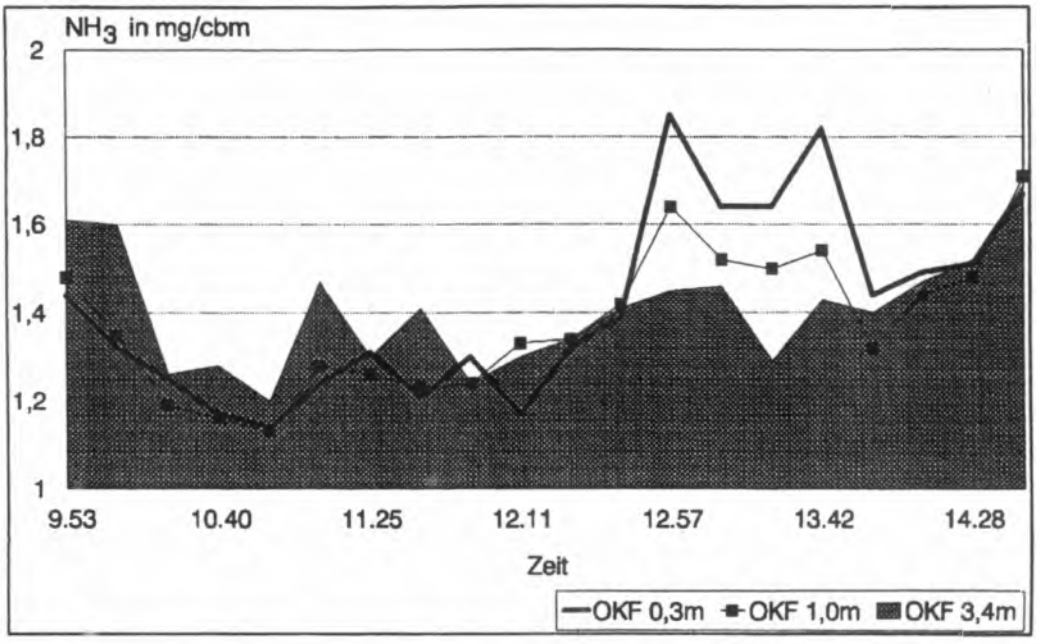


Abb. 4: ungerichtetes Konzentrationsniveau an den Meßpunkten 1, 2 und 4 (3. Meßreihe)

Der Meßpunkt 2 (OKF 1,0 m) ist in seiner Position mit den Referenzmeßpunkten der ersten und zweiten Versuchsreihe vergleichbar.

Die Steigerung der Meßpunktanzahl in der dritten Versuchsreihe bedeutet eine höhere Genauigkeit bei der Beschreibung von Konzentrationsverteilungen im Raum. Die resultierende Verfahrensbewertung bestätigt hingegen die Anwendungsmöglichkeit der Referenzmeßpunkte.

4 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die vergleichende Spurengasanalyse im Feldversuch ist zur Bewertung von Haltungsverfahren hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz geeignet. Besondere Aufmerksamkeit bei der Versuchsplanung muß der Gleichschaltung von emissionsbestimmenden Faktoren eingeräumt werden. Einflußgrößen, die nicht gesteuert werden können (z.B. Raummaß, Emissionsflächenanteil), sind bei der Komplexanalyse gesondert zu berücksichtigen.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens bzw. des Stichprobenumfangs (Anzahl der Versuchsstallungen) ist die Variation innerhalb der Haltungsverfahren zu beachten. Der Einfluß des Anlagenmanagements kann höher bewertet werden als die aus dem Verfahren resultierenden Unterschiede. Die Wahl von Referenzmeßpunkten ist praktikabel, ihre Platzierung muß jedoch durch umfangreiche Vorstudien abgesichert sein.

Durch die vorgestellten Untersuchungen wird belegt, daß die Luftqualität in Milchviehlaufställen deutlich bessere Eigenschaften besitzt. Das CO_2 kann dabei als Indikator für die geringere Besatzdichte gelten. Die Steigerung im Raumangebot (ca. 25 %) ist äquivalent bei den abgesenkten Kohlendioxidkonzentrationen zu finden. Das Niveau der NH_3-Konzentrationsabsenkung (bis 50 %) wird mit dem erhöhten Raummaß nur unzureichend erklärt, zumal durch den steigenden Emissionsflächenanteil bei der Laufstallhaltung eine gegenläufige Wirkung abzuleiten ist. Ein verfahrensbedingter Einfluß kann somit angenommen werden.

Die Einschätzung der Stalluftqualität nach ihren Inhaltsstoffen besitzt für Tierhaltungsanlagen sowohl interne als auch externe Bedeutung. Intern wird durch die raumklimatischen Bedingungen ein Teil der Produktionsumwelt geprägt, dabei können leistungsdepressive Zusammenhänge zum gegenwärtigen Zeitpunkt lediglich vermutet werden. Die externe Wirkung bezieht sich auf das Emissionspotential von Anlagen.

Bei der Beurteilung des frei belüfteten Milchviehstalles können die Konzentrationsangaben der Stalluft Orientierungen für die Umweltrelevanz im Anlagenumfeld geben. Voraussetzung dafür ist die Grundannahme der übereinstimmenden Rahmenparameter.

5 Literatur

BRUNSCH, R., GURK, S., KAUFMANN, O. (1993): Multigasmonitoring als Beitrag zur Bewertung der Umweltrelevanz von Verfahren der Tierhaltung, Tagungsband: Bau und Technik in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Gießen 1993, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, S. 35-43

BRUNSCH, R. , KAUFMANN, O. , GURK, S. (1995): Ergebnisse von Analysen gasförmiger Emissionen aus Tierhaltungen, Agrartechnische Forschung 1 H. 1, S. 73-83

BRUNSCH, R. , KAUFMANN, O. , LÜPFERT, T. (1996): Rinderhaltung in Laufställen, Ulmer Verlag, Stuttgart

VETTER, H. (1993): Ammoniak und Umwelt, Prof.-Udo-Riemann-Stiftung, Nr. 18

Geruchsschwellenentfernungen größerer Milchviehbestände

HOLSTE, DOROTHEE; HEINRICH MANNEBECK UND VOLKER MEINS

Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

1 Einleitung

Zur Begrenzung der Geruchsimmissionen in der Umgebung von Schweine- und Geflügelställen wurden Mitte der 70er Jahre die RICHTLINIEN VDI 3471 Emissionsminderung Tierhaltung Schweine und VDI 3472 Emissionsminderung Tierhaltung Hühner erarbeitet, 1977 eingeführt und 1986 überarbeitet. Zur Vermeidung erheblicher Belästigungen werden in Abhängigkeit von der Tiermasse und den technischen und baulichen Einrichtungen Mindestabstände zwischen Tierhaltung und Wohnbebauung ermittelt, die auch unter relativ ungünstigen Bedingungen sicher ausreichend sind. Diese Abstandsregelungen haben sich in zwanzig Jahren und in Hunderttausenden von Anwendungsfällen ausgezeichnet bewährt. Werden die Abstände eingehalten, gibt es praktisch keine erheblichen Belästigungen und keine Beschwerden.

Auf eine Richtlinie für die Rindviehhaltung wurde zu der Zeit bewußt verzichtet, weil die Rindviehhaltung bei gleicher Tiermasse quantitativ sehr viel weniger und qualitativ deutlich angenehmere Geruchsemissionen verursacht als die Schweine- und Hühnerhaltung [OLDENBURG 1989]. Die Rindviehhaltung führte daher auch nur sehr selten und nur im unmittelbaren Nahbereich zu Beschwerden über Geruchsbelästigungen.

In den letzten Jahren wurde dann besonders im Zusammenhang mit den größeren Betrieben in den neuen Bundesländern auch eine Abstandsregelung für Rindviehbetriebe gefordert. Gegen den im November 1994 veröffentlichten Entwurf (Gründruck zum öffentlichen Einspruchsverfahren) der RICHTLINIE VDI 3473 Emissionsminderung Tierhaltung Rinder wurde dann eine große Zahl von Einsprüchen eingereicht, die häufig die Abstände als zu groß beanstandeten. Daher wurden von JUNGBLUTH (1995) im süddeutschen Raum an kleineren Beständen und von HOLSTE, MANNEBECK UND MEINS (1997) im norddeutschen Raum an größeren Beständen die Geruchsschwellenentfernungen von Rindviehanlagen durch Begehungen mit Probanden in der Fahne entsprechend der RICHTLINIE VDI 3940 überprüft.

2 Auswahl der Betriebe

Die größeren Betriebe sollten ausschließlich Milch- oder Mastvieh in Beständen zwischen 100 und 1000 Großvieheinheiten (GV) beinhalten, unterschiedliche Punktebewertungen, verschiedene technische und bauliche Einrichtungen aufweisen und im offenen, in allen Richtungen begehbaren Gelände liegen.

Tatsächlich findet man in dieser Größenordnung für Milchvieh nur Liegeboxenlaufställe mit Traufen-First-Lüftung, Flüssigentmistung mit Spaltenboden, Flüssigmistlagerung im Stall und in Hochbehältern mit einer natürlichen Schwimmdecke und mit Futterlagerung im Flachsilo. Die Haltungsverfahren und die technischen und baulichen Einrichtungen sind soweit vereinheitlicht, daß die Punktebewertung nach dem Entwurf der RICHTLINIE VDI 3473 nur Werte

zwischen 80 Punkte (2 Betriebe) und 100 Punkte (6 Betriebe) ergab. Außerdem wurden keine geeigneten Rindermastställe in dieser Größenordnung gefunden.

Ausgewählt wurden je vier Betriebe in Schleswig-Holstein und in Mecklenburg-Vorpommern mit Bestandsgrößen zwischen 70 und 650 Milchkühen und der zugehörigen Nachzucht, insgesamt zwischen 111 und 840 GV.

3 Bestimmung der Geruchsschwellenentfernung

3.1 Verfahrensweise

Insgesamt wurden 180 auswertbare Begehungen zur Bestimmung der aktuellen Geruchsschwellenentfernungen durchgeführt. Die Methode der Immissionsmessung durch Begehungen in der Fahne ist detailliert in der RICHTLINIE VDI 3940 beschrieben. Hier wurden jeweils fünf Probanden mit je einem Kleinrechner zur Datenerfassung eingesetzt. Die Probanden werden zur Bestimmung der aktuellen Geruchsschwellenentfernung in drei verschiedenen Abständen leeseits der Anlage quer zur Windrichtung positioniert. In jeweils einem 10-minütigen Meßintervall wird von den Kleinrechnern alle 10 Sekunden durch ein akustisches Signal eine Geruchsbeurteilung entsprechend der folgenden Intensitätsskala nach der RICHTLINIE VDI 3882 Blatt 1 angefordert.

0 = kein Geruch
1 = sehr schwacher Geruch
2 = schwacher Geruch
3 = deutlicher Geruch
4 = starker Geruch
5 = sehr starker Geruch
6 = extrem starker Geruch

Nach Ablauf der Meßzeit stehen dann 60 Werte im Protokoll, aus denen der prozentuale Anteil der einzelnen Intensitätsstufen berechnet wird. Mit zunehmendem Abstand von der Emissionsquelle nimmt sowohl die Häufigkeit der Geruchswahrnehmungen als auch die Geruchsintensität ab.

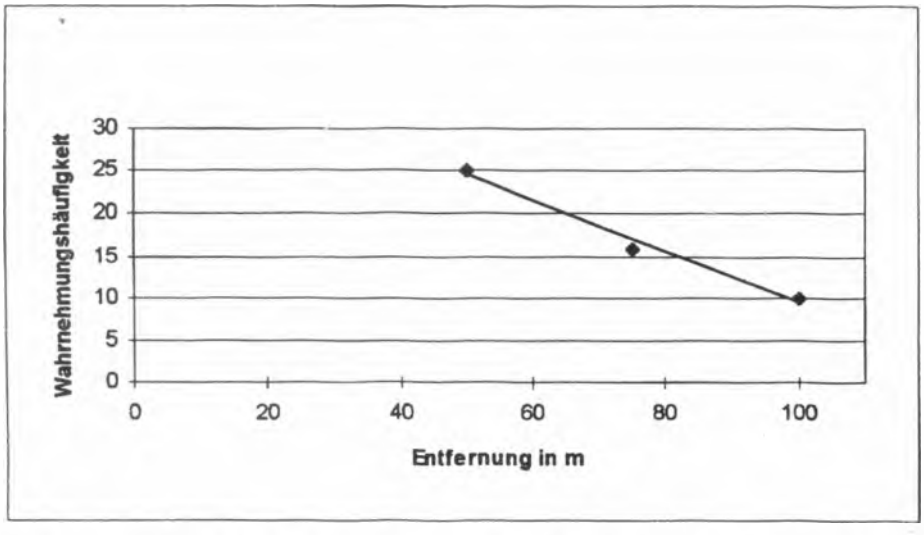


Abb. 1: Graphische Darstellung zur Berechnung der Geruchsschwellenentfernung

Für die Ermittlung der Geruchsschwellenentfernung wurden jeweils nur die Werte der beiden Probanden mit den höchsten Wahrnehmungen berücksichtigt, weil anzunehmen ist, daß sie das Zentrum der Fahne erfaßt haben. Aus den ermittelten Häufigkeiten in den drei verschiedenen Entfernungen wird mit Hilfe einer linearen Regressionsrechnung die Entfernung bestimmt, bei der die Wahrnehmungshäufigkeit 10% beträgt und als Geruchsschwellenentfernung definiert (Abb. 1).

3.2 Spezielle Probleme bei der Bewertung der Meßergebnisse

Die mit der beschriebenen Methodik ermittelten Geruchsschwellenentfernungen basieren allein auf dem Merkmal der Häufigkeit wahrnehmbarer Gerüche, die Geruchsqualität bleibt unberücksichtigt. Tatsächlich hängt die Lästigkeit von Gerüchen außer von der Geruchsstoffkonzentration bzw. dem Geruchspegel aber noch ganz entscheidend ab von der hedonischen Geruchswirkung [RICHTLINIE VDI 3882], die auf einer Skala von äußerst unangenehm über weder angenehm noch unangenehm bis äußerst angenehm in 9 Stufen beurteilt wird. Die hedonische Geruchswirkung ist somit ein Maß für die Qualität des Geruches und für die Lästigkeit.

Unangenehme Gerüche sind naturgemäß sofort auch belästigend. Zunächst als sehr angenehm eingestufte, charakteristische Gerüche werden bei häufiger Einwirkung oft aber auch als sehr lästig empfunden. Bei häufiger Einwirkung gelten sehr unangenehme, aber auch zunächst als sehr angenehm eingestufte Gerüche als erheblich belästigend. Dagegen wirken Gerüche im neutralen Bereich, die mit "weder angenehm noch unangenehm" bezeichnet werden, auch bei höheren Geruchsstoffkonzentrationen kaum oder wenig belästigend. Die Akzeptanz gegenüber diesen Gerüchen ist wesentlich höher als gegenüber unangenehmen und zunächst als angenehm empfundenen [vergl. auch KORTHUIS UND VAN OS, 1996].

Das ergab sich z.B. ganz deutlich auch bei eigenen Untersuchungen an einer Recyclingpapierfabrik. Während die im angrenzenden Wohngebiet extrem häufig auftretenden und deutlich bis stark wahrnehmbaren, neutralen Papiergerüche voll akzeptiert wurden und zu keinerlei Beschwerden Anlaß gaben, führten nur vergleichsweise selten auftretende, sehr unangenehme Gerüche aus einem nicht funktionierendem Tropfkörper der Kläranlage schon bei schwachen bis deutlichen Geruchsintensitäten zu massiven Beschwerden.

Ebenso gibt es bezüglich der hedonischen Geruchswirkung auch deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Tierarten. Während die Geflügelhaltung und auch die Schweinehaltung Geruchsemissionen mit sehr negativen hedonischen Geruchswirkungen und damit schon bei geringen Geruchsintensitäten stark belästigende Geruchsimmissionen verursachen, ist der Geruchscharakter der Emissionen aus der Rindviehhaltung erheblich weniger unangenehm und damit weniger belästigend.

Derzeit werden Grenzwerte für die Zumutbarkeit von Immissionsbelastungen ausschließlich als Häufigkeiten des Auftretens von Gerüchen in % der Jahresstunden angegeben [RICHTLINIE VDI 3940]. Der große Einfluß der hedonischen Geruchswirkung auf die Lästigkeit und auf die Akzeptanz wird nicht berücksichtigt.

Hier besteht ein erheblicher Forschungsbedarf. Es ist dringend notwendig, Verfahren zu entwickeln, die die hedonische Geruchswirkung bei der Immissionsbeurteilung berücksichtigen.

4 Ergebnisse der Untersuchungen und Interpretation

4.1 Darstellung und Diskussion der Meßergebnisse

Die Diskrepanz zwischen den gemessenen Geruchsschwellenentfernungen (definiert als 10% Häufigkeit bei Intensitätsstufe 1 "sehr schwacher Geruch") und tatsächlicher Belästigung von Anwohnern läßt sich auch an den Ergebnissen erkennen.

Wird nämlich als Geruchsschwellenentfernung ein Schwellenwert von 10% Häufigkeit bei Intensitätsstufe 1 (sehr schwacher Geruch) festgelegt, liegen die Ergebnisse sogar deutlich (ca. 40%) oberhalb der 100-Punkte-Kurve des Richtlinienentwurfes (Abb. 2).

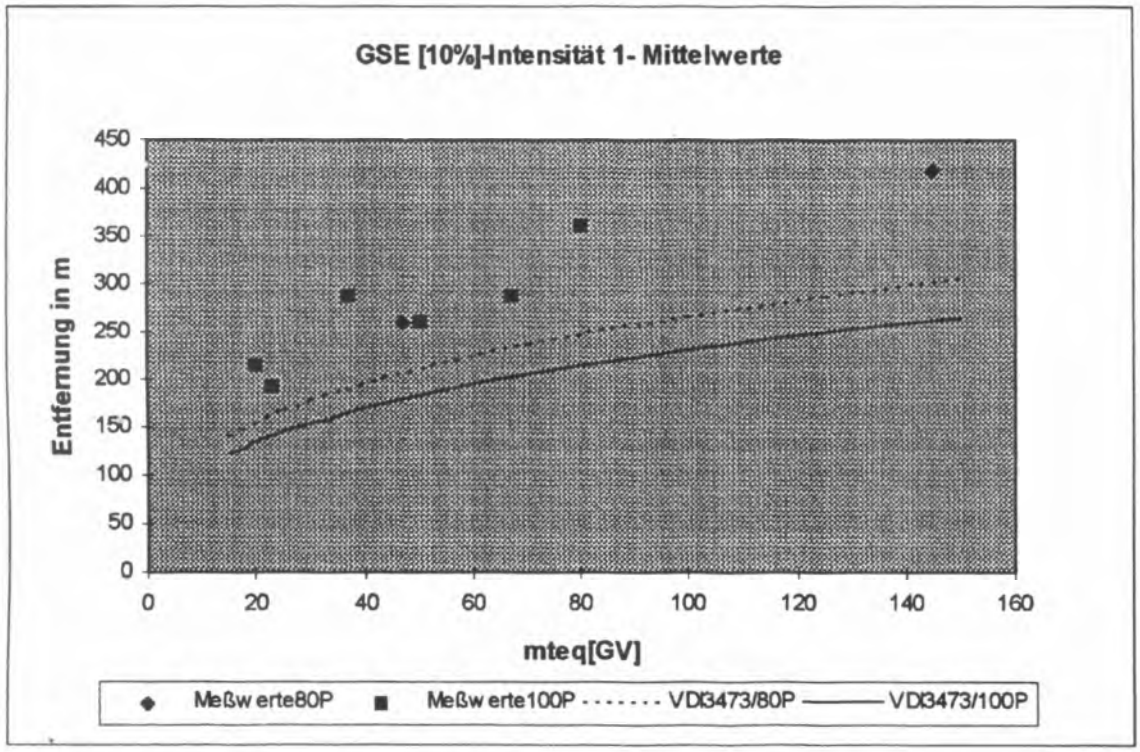


Abb. 2: Mittlere Geruchsschwellenentfernung bei 10% Häufigkeit und Intensitätsstufe 1 (sehr schwach)

Das Ergebnis deckt sich somit in keiner Weise mit den allgemeinen Erfahrungen über Geruchsbelästigungen in der Umgebung von Rindviehanlagen und auch nicht mit den Untersuchungen von ZEISIG UND LANGENEGGER (1994) sowie JUNGBLUTH (1995). Grund dafür ist in erster Linie die große Empfindlichkeit des Erhebungsverfahrens, bei dem auch die geringste Wahrnehmung (oberhalb 1 GE/m³) zu einem positiven Ergebnis führt, ohne daß die Wahrnehmung auch nur annähernd belästigend ist. Das gilt ganz besonders dann, wenn es sich nicht um sehr unangenehme Gerüche handelt, bei denen die Akzeptanz wesentlich höher ist als bei sehr unangenehmen Gerüchen. Hier zeigt sich die starke Abhängigkeit der empfundenen Belästigung von der hedonischen Geruchswirkung, wie sie auch von KORTHUIS UND VAN OS (1996) beschrieben wird. In den Niederlanden wird daher auch bereits seit 1995 nicht mehr nur die Häufigkeit des Überschreitens der Geruchsschwelle, sondern ein u.a. vom Geruchscharakter (Art des emittierenden Betriebes) abhängiger Belästigungsgrenzwert verwendet. Je nach Ge-

ruchsqualität liegen die Geruchsstoffkonzentrationen, die zu Belästigungen führen, zwischen etwa 3 GE/m³ bei sehr unangenehmen Gerüchen und bis über 50 GE/m³ bei angenehmeren Gerüchen.

Eine ähnliche Einschätzung findet man auch in der vorläufigen Richtlinie des ÖSTERREICHISCHEN BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT (1995) zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen. Dort ist ebenfalls die unterschiedliche Lästigkeit der Gerüche von verschiedenen Tierarten durch entsprechende Faktoren berücksichtigt.

Daraus folgt, daß die Geruchsschwelle 10% mit sehr schwachen Gerüchen (oberhalb 1 GE/m³) kein geeigneter Grenzwert für die Immissionsbeurteilung ist. Vielmehr deutet alles darauf hin, daß die Belästigungsgrenze abhängig von der hedonischen Geruchswirkung bei deutlich höheren Geruchsstoffkonzentrationen zu erwarten ist. Diese Zusammenhänge müssen bei der Abstandsregelung für Rinderhaltungen mit der nur vergleichsweise wenig unangenehmen hedonischen Wirkung berücksichtigt werden.

Als Grenzwerte können dann auch 10% Häufigkeit mit schwachen (bei unangenehmer Hedonik) oder auch mit deutlichen Gerüchen (bei weniger unangenehmen Gerüchen) zugelassen werden, ohne daß eine erhebliche Belästigung zu erwarten ist.

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Ergebnisse der Begehungen bei einer Häufigkeit von jeweils 10% mit Intensitätsstufe 2 (schwache Gerüche) und mit Intensitätsstufe 3 (deutliche Gerüche). Es ist ersichtlich, daß die Abstände bei schwachen Gerüchen schon ca 15% unterhalb der 100-Punkte-Kurve des Richtlinienentwurfes und bei deutlichen Gerüchen ca. 40% unterhalb der Kurve liegen.

Nach diesen Beurteilungskriterien könnten die Mindestabstände einschließlich eines Sicherheitszuschlages noch um ca. 25 bis 30% reduziert werden. Das entspricht auch den Ergebnissen der Untersuchungen von JUNGBLUTH (1995) an kleineren Anlagen. Noch erheblich geringere Entfernungen weisen ZEISIG UND LANGENEGGER (1994) aus. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß diese Untersuchungen von nicht mit derselben Begehungsmethode durchgeführt wurden und damit nicht vergleichbar sind.

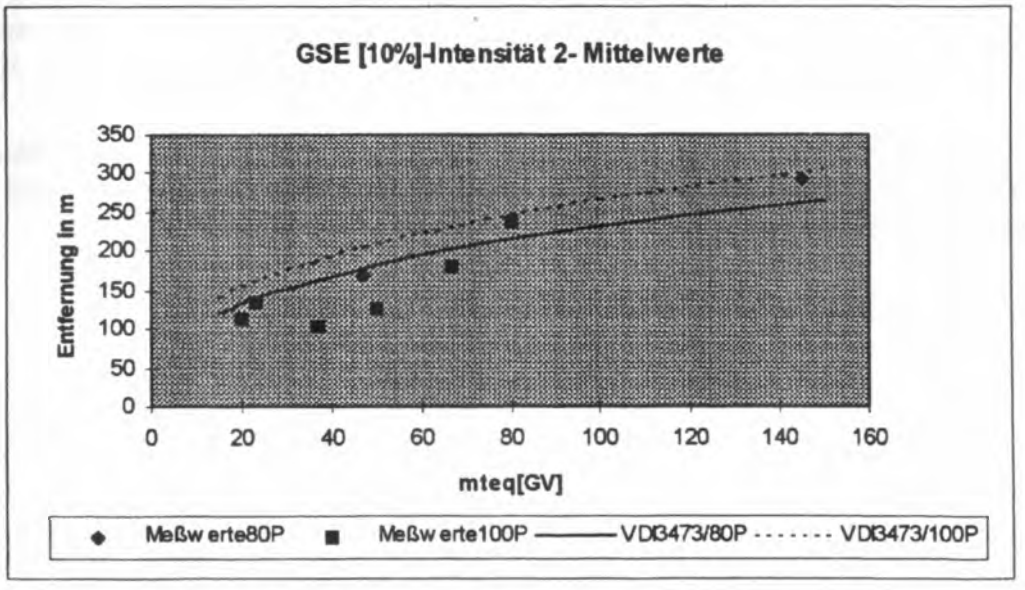


Abb. 3: Mittlere Geruchsschwellenentfernung bei 10% Häufigkeit und Intensitätsstufe 2 (schwach)

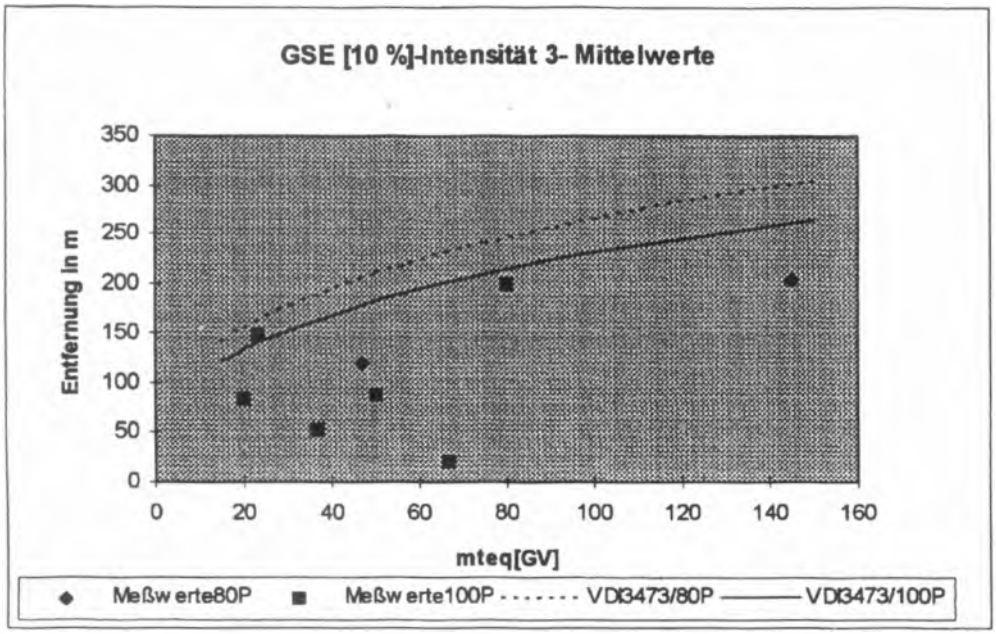


Abb. 4: Mittlere Geruchsschwellenentfernung bei 10% Häufigkeit und Intensitätsstufe 3 (deutlich)

4.2 Einfluß der Punktebewertung

Signifikante Einflüsse der Punktebewertung konnten bei den größeren Anlagen nicht nachgewiesen werden. Das mag z.T. an den geringen Unterschieden zwischen den einzelnen Stallanlagen liegen, läßt aber auch die Vermutung zu, daß die Geruchsschwellenentfernungen mindestens nicht so stark von unterschiedlichen technischen und baulichen Einrichtungen beeinflußt werden, wie es in den Kurven des Richtlinienentwurfes dargestellt ist. Ähnliche Ergebnisse zeigen auch die Untersuchungen von JUNGBLUTH (1995) an kleineren Anlagen. Dort ist zwar noch eine gewisse Abhängigkeit von den Haltungsverfahren sichtbar, sie ist aber ebenfalls nur gering. Daraus ist zu folgern, daß die Punktebewertung entbehrlich ist und daß es ausreichen würde, den Stand der Technik der Rindviehhaltung zu beschreiben und nur eine Kurve für die Mindestabstände darzustellen. Bei gravierenden Abweichungen von dem beschriebenen Stand der Technik wäre dann eine Sonderbeurteilung durchzuführen.

Auch bei den Schweineställen sind die Haltungsverfahren weitgehend so angeglichen, daß neue Ställe praktisch immer 100 Punkte erreichen. Auch hier würde eine Kurve (wie in der TA-Luft für größere Betriebe dargestellt) ausreichen.

4.3 Witterungseinflüsse

Entgegen den Erfahrungen bei Schweineställen, bei denen im Winter deutlich geringere Emissionen und damit auch geringere Geruchsschwellenentferungen gemesen werden als im Sommer, konnte hier auch keine deutliche Abhängigkeit der Geruchsschwellenentfernungen von den Wetter- und Klimaverhältnissen nachgewiesen werden. Das ist mit den unterschiedlichen Haltungs- und Lüftungsverfahren zu erklären. Praktisch alle Schweineställe haben eine Zwangslüftung, praktisch alle größeren Rinderställe eine freie oder Schwerkraftlüftung in Form einer Traufen-First-Lüftung.

Während die Luftraten bei Schweineställen im Winter sehr viel niedriger sind als im Sommer, sind die Unterschiede bei Rinderställen mit Traufen-Firstlüftung gering oder im Winter sogar

höher als im Sommer. Da die Emissionen mit steigenden Luftraten auch steigen, treten die Sommer-Winter-Unterschiede auch nur bei Schweineställen deutlich meßbar auf.

4.4 Einfluß der Tiermasse

Während ZEISIG UND LANGENEGGER (1994) nur eine unerklärlich geringe Abhängigkeit der Geruchsschwellenentfernung von der Tiermasse finden, werden bei den hier vorliegenden Untersuchungen, wie auch bei den Untersuchungen von Jungbluth, die in den Kurven des Richtlinienentwurfes dargestellten Abhängigkeiten signifikant bestätigt. Abweichend ist nur die Lage der Kurven, nicht die Kurvenform.

Die Angaben zur geruchsäquivalenten Tiermasse (mt_{eq}) stammen im Wesentlichen aus Emissionsmessungen mit Hilfe eines Olfaktometers, durchgeführt von OLDENBURG (1989). Dabei wurden bei gleicher Tiermasse bei der Milchviehhaltung nur 17% und bei der Mastrinderhaltung nur 25% der bei der Mastschweinehaltung ermittelten Emissionen gemessen. Daraus wurden direkt die Geruchsäquivalenzfaktoren (f_{eq}) abgeleitet ohne Berücksichtigung der unterschiedlichen hedonischen Geruchswirkung. Wird die angenehmere Geruchsqualität der Emissionen aus der Rinderhaltung mit berücksichtigt, ergeben sich noch entsprechend kleinere Geruchsäquivalenzfaktoren und damit geringere notwendige Mindestabstände.

5 Fazit

Die Einsprüche gegen den Entwurf der Richtlinie VDI 3473 Emissionsminderung Tierhaltung - Rinder bezüglich zu großer Mindestabstände sind berechtigt. Die Immissionen aus der Rindviehhaltung sind wegen des gegenüber der Schweine- und Geflügelhaltung wesentlich angenehmeren Geruchscharakters und der bei gleicher Tiermasse erheblich geringeren Geruchsemissionen viel weniger belästigend. Das weisen die hier an größeren Milchviehbeständen in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern ermittelten Geruchsschwellenentfernungen aus. Auch die von JUNGBLUTH (1995) durchgeführten Messungen an kleineren Beständen führen zu der gleichen Einschätzung. Die Mindestabstände zwischen Rindviehhaltungsanlagen und der Wohnbebauung können daher deutlich geringer sein als es die Kurven in dem Richtlinienentwurf darstellen. Die Geruchsäquivalenzfaktoren können entsprechend soweit verkleinert werden, daß sich um mindestens 25% geringere Abstände ergeben.

Die Punktebewertung kann entfallen, weil gravierende Unterschiede zwischen den Haltungsverfahren und unterschiedlichen technischen und baulichen Einrichtungen nicht mehr gefunden werden. Damit genügt dann eine einzige Abstandskurve.

6 Literatur

FAT-BERICHT 496 (1995): Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwissenschaft und Landtechnik, Tänikon

HOLSTE, D., H. MANNEBECK UND V. MEINS (1997): Geruchsschwellenentfernungen von größeren Milchviehbeständen. Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Diplomarbeit Kiel

JUNGBLUTH, T. (1995): Ermittlung von Geruchsschwellen bei Rinderställen und Neufestlegung von Geruchsäquivalenzfaktoren. Endbericht, Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim

KORTHUIS, A. UND R. VAN OS (1996): An Innovative Approach to Assess Odour Nuisance Measurement and Controlling Odour Nuisance in the Neatherlands. VDI-Berichte Nr. 1257, S. 107 - 114

MANNEBECK, H. UND D. MANNEBECK (1996): Leistungsfähigkeit der Olfaktometrie - Emissions- und Immissionsmessungen. VDI-Berichte Nr. 1257, S. 93 - 105

OLDENBURG, J. (1989): Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 333, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup

ÖSTERREICHISCHES BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT (1995): Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immisionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen

RICHTLINIE VDI 3471: Emissionsminderung - Tierhaltung - Schweine. Beuth-Verlag, Berlin 1986

RICHTLINIE VDI 3472: Emissionsminderung - Tierhaltung - Hühner. Beuth-Verlag, Berlin 1986

RICHTLINIE VDI 3473 [Entwurf]: Emissionsminderung - Tierhaltung - Rinder. Beuth-Verlag, Berlin 1994

RICHTLINIE VDI 3882: Olfaktometrie. Blatt 1: Bestimmung der Geruchsintensität und Blatt 2: Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung. Beuth-Verlag, Berlin 1992/1994

RICHTLINIE VDI 3940: Bestimmung der Geruchsstoffimmission durch Begehungen. Beuth-Verlag, Berlin 1993

ZEISIG, H. UND G. LANGENEGGER (1994): Geruchsemissionen aus Rinderställen. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München

Ammoniakfreisetzung und Geruchsschwellen von Rinderställen mit Laufhöfen

KECK, MARGRET UND ALFONS SCHMIDLIN

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT),CH-8356 Tänikon TG

1 Einleitung

Laufhöfe werden vermehrt an Rindviehställe angegliedert, um den Tieren zusätzlichen Bewegungsraum und Kontakt zum Außenklima zu gewähren. Die Erweiterung der Bewegungsfläche für Kühe im Laufhof ist mit größeren verschmutzten Flächen verbunden. Diese stellen eine zusätzliche emissionsaktive Oberfläche in bezug auf die Ammoniak- und Geruchsfreisetzung dar. In der Schweiz werden Laufhöfe durch finanzielle Beiträge gemäß der Öko-Beitragsverordnung zur Kontrollierten Freilandhaltung (KF) aktiv gefördert.

2 Ammoniakfreisetzung von Laufhofflächen

Rund 90 % der Ammoniakemissionen der Schweiz stammen aus der Nutztierhaltung, aufgrund von Schätzungen sind davon etwa 70 % auf die Rinderhaltung zurückzuführen (FAL/IUL LIEBEFELD/BERN U. FAT TÄNIKON, 1996).
Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Höhe der Ammoniakfreisetzung von Laufhofflächen sowie den Einfluß von Verschmutzung, Reinigung und Witterung zu ermitteln.
Die **Untersuchungen** waren in zwei Teile gegliedert: Im Laufhof wurde das Ausscheidungsverhalten der Kühe beobachtet; davon konnte eine Flächenbelastung mit Kot und Harn abgeleitet werden. Anhand dieser Flächenbelastung wurde in zwei Windtunneln die Ammoniakfreisetzung von Laufhofflächen ermittelt.
Zum **Ausscheidungsverhalten der Kühe** erfolgten Direktbeobachtungen in einem dreireihigen Boxenlaufstall mit permanent zugänglichem Laufhof für 33 Milchkühe. Das Flächenangebot wurde zwischen 15 m², 9 m² und 3,6 m² pro Kuh variiert. Der Laufhof wies keine Zusatzeinrichtungen auf, wie zum Beispiel Tränken oder Kratzbürsten. Der Boden war planbefestigt. Erfaßt wurde die Häufigkeit von Koten und Harnen im Stall und im Laufhof an 13 Tagen. Die Kühe setzten in über 80 % der Fälle den Kot und Harn im Stall ab (davon den größten Teil im Laufgang beim Freßbereich), nur 5 % beziehungsweise 7 % des Kotes und Harns wurden im Laufhof abgesetzt (Abbildung 1). Zwischen den einzelnen Tagen zeigten sich starke Schwankungen in der Laufhofnutzung und damit einhergehend auch in der Häufigkeit von Koten und Harnen. Die Laufhofnutzung und der Mistanfall, gemessen in Kilogramm Trokkensubstanz, waren deutlich korreliert. Eine qualitative Beurteilung der verschmutzten Laufhoffläche im Jahresverlauf zeigte, daß die Laufhoffläche im Zugangsbereich stärker verschmutzt war, weiter entfernt gelegene Bereiche weniger.

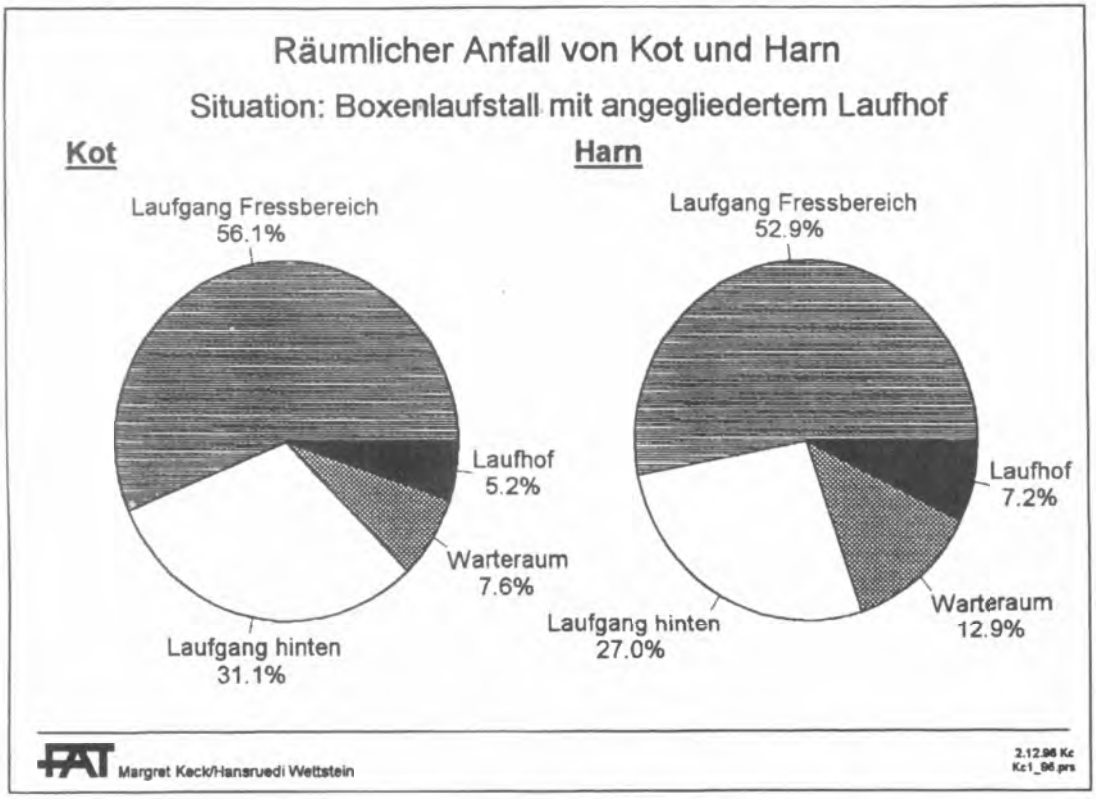


Abb. 1: Anteil von Koten und Harnen im Laufhof und den einzelnen Stallbereichen

Bei Laufhofflächen handelt es sich um frei überströmte Flächen. Eine direkte quantitative Ermittlung der **Ammoniakfreisetzung** ist nicht möglich. In zwei Windtunneln wurden deshalb entsprechende Mengen an Kot und Harn wie im Laufhof aufgebracht. Diese Fläche von zwei Quadratmetern im Windtunnel wurde mit definierten Luftgeschwindigkeiten überströmt und der Luftdurchsatz mit einem Meßventilator quantifiziert (Abbildung 2). Von Zu- und Abluft konnte man die Ammoniakkonzentration nach dem nass-chemischen Prinzip (HCl) ermitteln.

In den beiden Windtunneln erfolgte der Vergleich der Ammoniakfreisetzung bei möglichst denselben Randbedingungen (Temperatur, Relative Luftfeuchtigkeit, Kot und Harn).

- Im Versuch 1 wurde der Boden entweder nur mit Rinderkot oder nur mit Rinderharn verschmutzt. Harn stellt eine wesentlich stärkere Emissionsquelle dar als Kot (Abbildung 3).
- In der warmen Jahreszeit war die Ammoniakfreisetzung höher als in der kalten.
- In den Versuchen 2 und 3 wurden Kot und Harn jeweils als Gemisch aufgebracht. Eine Reduktion der verschmutzten Fläche und Menge war mit einer deutlichen Emissionsminderung verbunden.
- Bei täglicher Reinigung war im Vergleich mit dreitägigem Reinigungsintervall nur ein minimaler Minderungseffekt zu erzielen.

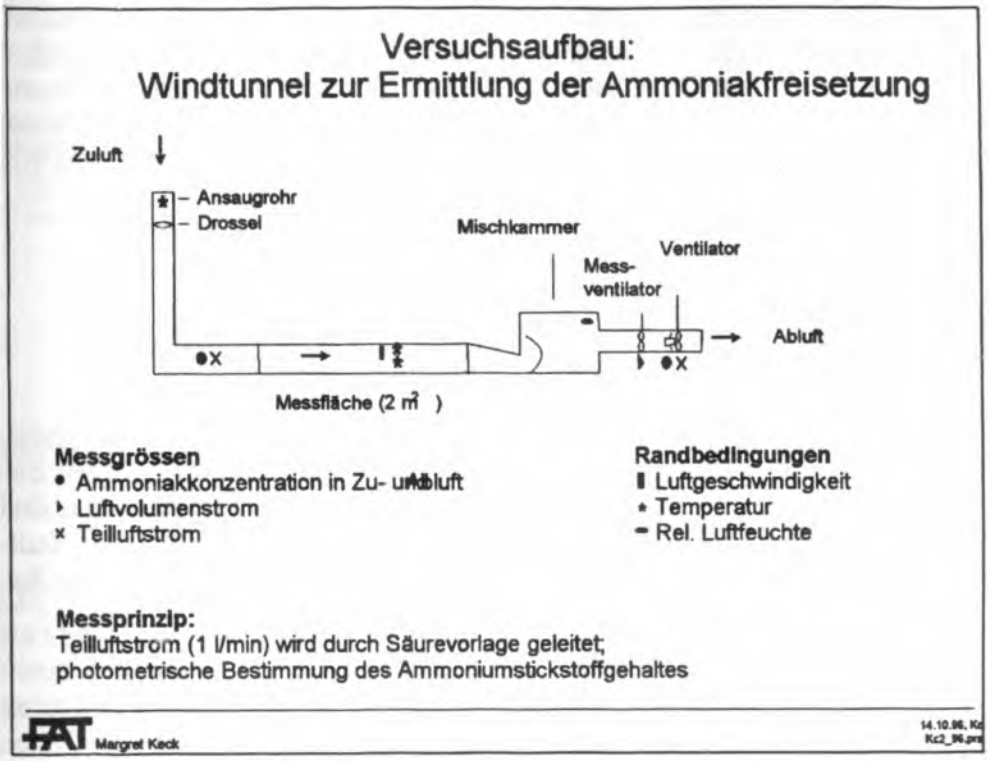


Abb. 2: Windtunnel zur Ermittlung der Ammoniakfreisetzung

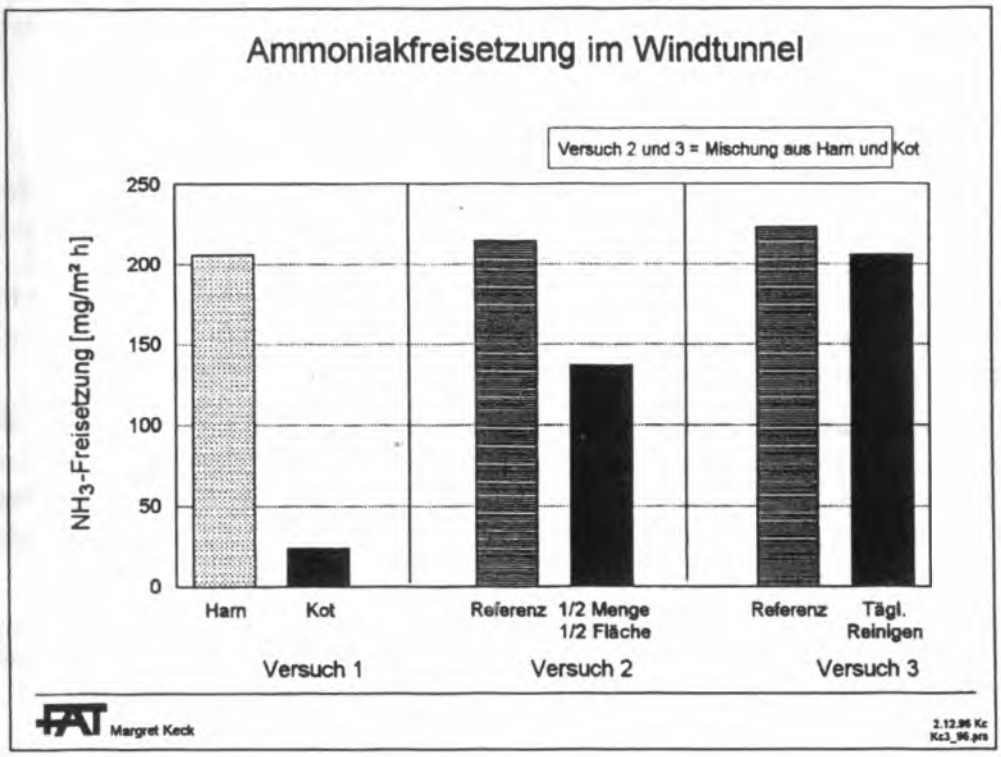


Abb. 3: Ammoniakfreisetzung von Laufhofflächen

Als **Fazit** dieser Untersuchungen ist festzuhalten: Bei einem permanent zugänglichen Laufhof ohne weitere Beschäftigungsanreize fällt nur ein geringer Anteil vom Kot und Harn im Laufhof an. Die Ammoniakfreisetzung erfolgt schon nach kurzer Zeit. Häufigeres Reinigen kann die Ammoniakfreisetzung nur eingeschränkt mindern; ständig kommen frische Exkremente hinzu und am Boden verbleibt eine Schmierschicht. Da vor allem Harn die Ammoniakfreisetzung von verschmutzten Flächen bedingt, ist eine möglichst rasche Ableitung von Harn anzustreben.

3 Geruchsschwellen von Rinderställen mit Laufhöfen

Im Rahmen von Baugesuchen treten Einsprachen wegen Geruchsimmissionen auf, die möglicherweise von der Laufhoffläche ausgehen könnten. Nachbarn, vor allem in bewohnten Zonen, befürchten von verschmutzten Laufhofflächen Geruchsbelästigungen. Bei Neubauten sind nach LUFTREINHALTE-VERORDNUNG (1985) vorbeugende Mindestabstände zwischen Stallanlagen und der nächsten Wohnbebauung einzuhalten. Laufhöfe werden bis heute bei der Berechnung des Mindestabstands nicht berücksichtigt.

Ziel der Untersuchungen ist es, Geruchsschwellen von Rindviehställen mit Laufhöfen durch Fahnenbegehungen zu ermitteln und im Vergleich zu reiner Stallhaltung zu beurteilen. Es ist zu prüfen, ob die bisher geforderten Mindestabstände zwischen Tierhaltung und bewohnten Zonen gemäß FAT-Bericht 476 "Empfehlung für Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen" auch für Ställe mit Laufhöfen ausreichend sind (RICHNER u. SCHMIDLIN, 1995).

Die **Fahnenbegehungen** zur Ermittlung der Geruchsschwellenentfernung wurden nach der VDI-RICHTLINIE 3940 durchgeführt. Hierzu wurden neun Milchviehbetriebe mit Laufställen und befestigten Laufhöfen ausgewählt, die die folgenden Kriterien möglichst erfüllen konnten:

- Topographische Lage (im Außenbereich, Einzelhof, eben, mit ungehinderter Windanströmung);
- Ausschließlich Rindviehhaltung auf dem Betrieb, keine Gemischtbetriebe;
- Repräsentative Bestandsgrößen für Schweizer Betriebsstruktur.

Jeweils mindestens zwei Begehungen pro Betrieb wurden im Sommer 1996 und im Winter 1996/97 bei verschmutztem und gereinigtem Laufhof durchgeführt. Eine Begehung besteht aus drei Einzelmessungen in verschiedenen Abständen zur Stallanlage. Die fünf Testpersonen haben dabei alle 10 Sekunden über einen Zeitraum von 10 Minuten Riechproben genommen. Mit elektronischen Registriergeräten (Klein-PC mit einem Meßprogramm nach VDI-Richtlinie) konnten Häufigkeit und Intensität der Geruchswahrnehmung erfaßt und ausgewertet werden.

Die insgesamt 13 **Testpersonen** sind unterschiedlichen Alters und Geschlechts. Die Testpersonen beurteilten jeweils zu Beginn der Begehung eine Luftprobe; der Mittelwert davon diente als gemeinsame Kalibrierung. Systematische Effekte zwischen den einzelnen Personen konnten somit reduziert werden. Eine optische Beeinflussung durch die verschmutzte oder gereinigte Laufhoffläche wurde somit verhindert.

Begleitend wurden mit einer **Wetterstation** meteorologische Parameter wie Lufttemperatur, Relative Luftfeuchte, Luftdruck, Strahlung, Windrichtung und Windgeschwindigkeit in Intervallen von 30 Sekunden erfaßt und abgespeichert.

Bei jeder Begehung wurden Angaben zur Aufstallung, Fütterung, Tierbestand, Lüftung sowie zum Verschmutzungsgrad des Laufhofs erhoben.

Zusätzliche Begehungen auf einer **Testfläche** von 100 m² ermöglichen Aussagen zur Geruchsausbreitung einer definierten verschmutzten Fläche bei verschiedener Witterung und ungehin-

derter Luftanströmung. Von den Laufhofflächen auf den Praxisbetrieben und der Testfläche wurden Luftproben gezogen und am Olfaktometer, auch zum Vergleich der einzelnen Testpersonen, untersucht.

Gegenwärtig erfolgen noch die Geruchsbegehungen in den Wintermonaten. Bei der Auswertung der Begehungsdaten soll die Geruchswahrnehmung mit der jeweils aktuellen Windgeschwindigkeit und -richtung in Beziehung gesetzt werden.

4 Literatur

FAL/IUL LIEBEFELD/BERN UND FAT TÄNIKON (1996): Ammoniak-Emissionen Schweiz: Stand, Entwicklung, technische und betriebswirtschaftliche Möglichkeiten zur Reduktion, Empfehlungen. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW).

LUFTREINHALTEVERORDNUNG: Vom 16. Dezember 1985, SR 814.01.

RICHNER, B. UND A. SCHMIDLIN (1995): Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen - Empfehlungen für neue und bestehende Betriebe, FAT-Bericht 476, Tänikon.

VDI-RICHTLINIE 3940: Bestimmung der Geruchsstoffimmission durch Begehungen, Berlin, 1993.

Ableitung von Stallemissionen

KARL-HEINZ KRAUSE

Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Biosystemtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Munack) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig-Völkenrode.

1 Einleitung

Die Richtlinien VDI 3471 [1986] und 3472 [1986], nach denen vielfach im Rahmen des Baurechts eine Abschätzung der Mindestabstände zwischen Wohnbebauung und Tierhaltung erfolgt, kennen im Hinblick auf die Ableitung von Emissionen ausschließlich nur die Politik der hohen Schornsteine. Die TA Luft [1983] differenziert hier unter Bezugnahme auf alle Emittenten insofern, als eine Verbesserung der Ableitbedingungen nur dann anzurechnen ist, wenn hinsichtlich des jeweiligen Schadstoffs die Maßnahmen zur Begrenzung der Emissionen dem Stand der Technik (§ 3 Abs. 6 BImSchG [1990]) entsprechen. Die Verbesserung der Ableitbedingungen ist gegenüber einer weiteren Emissionsminderung dann vorzuziehen, wenn die Minderungsmaßnahme unverhältnismäßig wäre. Prinzipiell besteht ein Vorrang der Emissionsminderungsmaßnahmen.

Wenn ein Volumenstrom 1.000.000 m^3/h mit einer Geruchsstoffkonzentration C_0 = 1.000 GE/m^3 befrachtet ist, dann wird ein Massenstrom 10^9 GE/h freigesetzt. Solche Massenströme treten u.a. im Bereich von Tierkörperbeseitigungsanlagen auf. Ein nachgeschalteter Biofilter mit einem Wirkungsgrad von h = 0,9 bewirkt eine Reduzierung des Emissionsmassenstroms auf (1 - h) = 10^8 GE/h; wird der Wirkungsgrad auf h = 0,99 erhöht, dann sinkt der Emissionsmassenstrom auf 10^7 GE/h. In einer Schweinemastanlage mit 5.000 Mastschweinen (= 5.000 x 60 kg/Tier / 500 kg/GV = 600 GV) beträgt der Emissionsmassenstrom bei der Sommerluftrate von 680 $m^3/(h\ GV)$ und einer Quellenkonzentration von C_0 = 350 GE/m^3 ca. 1,4 10^8 GE/m^3. Das bedeutet, dass aus der Schweinemast ungefiltert der Emissionsmassenstrom in die Umwelt verblasen wird, der über Filter aus anderen Industriezweigen freigesetzt wird.

Da Filteranlagen nur eine sekundäre Emissionsminderungsmaßnahme darstellen - die eigentlichen Emissionsminderungen beginnen bei der Stallklimatisierung, den Haltungsformen und der Kot- und Harnhandhabung im Stall - und mit einem Wirkungsgrad zwischen h = 0,4 und h = 0,7 im landwirtschaftlichen Bereich nicht den Stand der Technik repräsentieren, ist es legitim und darüber hinaus noch sinnvoll, nach Lösungen zur Verbesserung der Ableitbedingungen zu suchen.

2 Einflußnahme von Ableitbedingungen auf die Immissionen

Unter den Ableitbedingungen versteht man im allgemeinen, die Charakterisierung der Schnittstellen des Emissionsbereiches mit der Umwelt. Im Bereich der Tierhaltung sind die Ableitbedingungen bei Zwangslüftungen durch die Lage, Richtung und Größe der Emissionsebenen, der Austrittsgeschwindigkeit der Abluft durch diese Emissionsebene, wodurch die Abluft zur Fortluft [DIN 1946 (1988)] wird, und der Zuordnung zur umgebenden Orographie gegeben.

Aufbauend auf der partiellen Massenerhaltung läßt sich die Konzentrationsverteilung C an einem Punkt mit den kartesischen Koordinaten x,y in der horizontalen Ebene und z vertikal dazu, z.B. vereinfachend in Hauptwindrichtung y = 0 am Boden z = 0, im Lee einer Punktquelle der Höhe z = H bei der horizontalen Windgeschwindigkeit U(z) und den Ausbreitungsparametern σ_y und σ_z (nach Klug und Manier) wie folgt beschreiben (Gauß-Modell):

$$c(x, y = 0, z = 0) = \frac{C_0 \dot{V}_0}{\pi U \sigma_y \sigma_z} e^{(-\frac{1}{2}\frac{H^2}{\sigma_z^2})} \quad (1)$$

Die einfache Darstellungsform der Gl.(1) ist ausreichend, den Einfluß der einzelnen Terme aufzuzeigen. Dazu ist es notwendig, deren Gradienten zu bilden. Die sich daraus entwickelnden Gleichungen nehmen mit Bezug auf die Ausgangsbeziehung Gl.(1) dann sehr übersichtliche Ausdrücke an. Die nachstehenden Beziehungen Gl.(2) bis Gl.(6) zeigen den relativen Einfluß der einzelnen Größen in Gl.(1) auf die Immissionskonzentration C auf:

$$\frac{\delta C}{C} \cong \frac{\delta C_0}{C_0} \quad (2)$$

$$\frac{\delta C}{C} \cong -\frac{\delta U}{U} \quad (3)$$

$$\frac{\delta C}{C} \cong -\frac{\delta \sigma_y}{\sigma_y} \quad (4)$$

$$\frac{\partial C}{C} \cong (-\frac{1}{\sigma_z} + \frac{H^2}{\sigma_z^3})\delta\sigma_z \quad (5)$$

$$\frac{\partial C}{C} \cong -\frac{H}{\sigma_z^2}\delta H \quad (6)$$

Eine Abnahme der Immissionskonzentration - $\delta C < 0$ - findet mit Blick auf die vorstehenden Gleichungen statt, wenn die Quellenkonzentration vermindert, d.h. $\delta C_0 < 0$, wenn die Windgeschwindigkeit vergrößert, d.h. $\delta U > 0$, wenn der laterale Ausbreitungsparameter vergrößert, d.h. $\sigma_y > 0$, wenn der vertikale Ausbreitungsparameter vergrößert, d.h. $\delta\sigma_z > 0$ und $H^2/\sigma_z^2 < 1$, und/oder wenn die Quellhöhe H vergrößert wird, d.h. $\delta H > 0$. Den nachhaltigsten Einfluß auf eine Immissionskonzentrationsabnahme haben demnach die Quellenkonzentration C_0, die horizontale Windgeschwindigkeit U und der laterale Ausbreitungsparameter σ_y, die sich als lineare bzw. gebrochene lineare Funktion darstellen.

Während die Größen C_0 und H durch technische Maßnahmen konkret im Einzelfall änderbar sind, unterliegen die Ausbreitungsparameter und die Windgeschwindigkeit im allgemeinen nicht den direkten Zugriffsmöglichkeiten der Anlagenbetreiber. Die Ausbreitungsparameter sind entsprechend den Ausbreitungsklassen (abgekürzt: AK) gestaffelt und reichen von sehr stabil (AK I) bis sehr labil (AK V). Die Größen F, f, G, und g sind tabellarisch in der TA Luft (siehe dort Anhang C) für unterschiedliche Quellhöhen aufgeführt.

$$\sigma_y = Fx^f \quad (7)$$

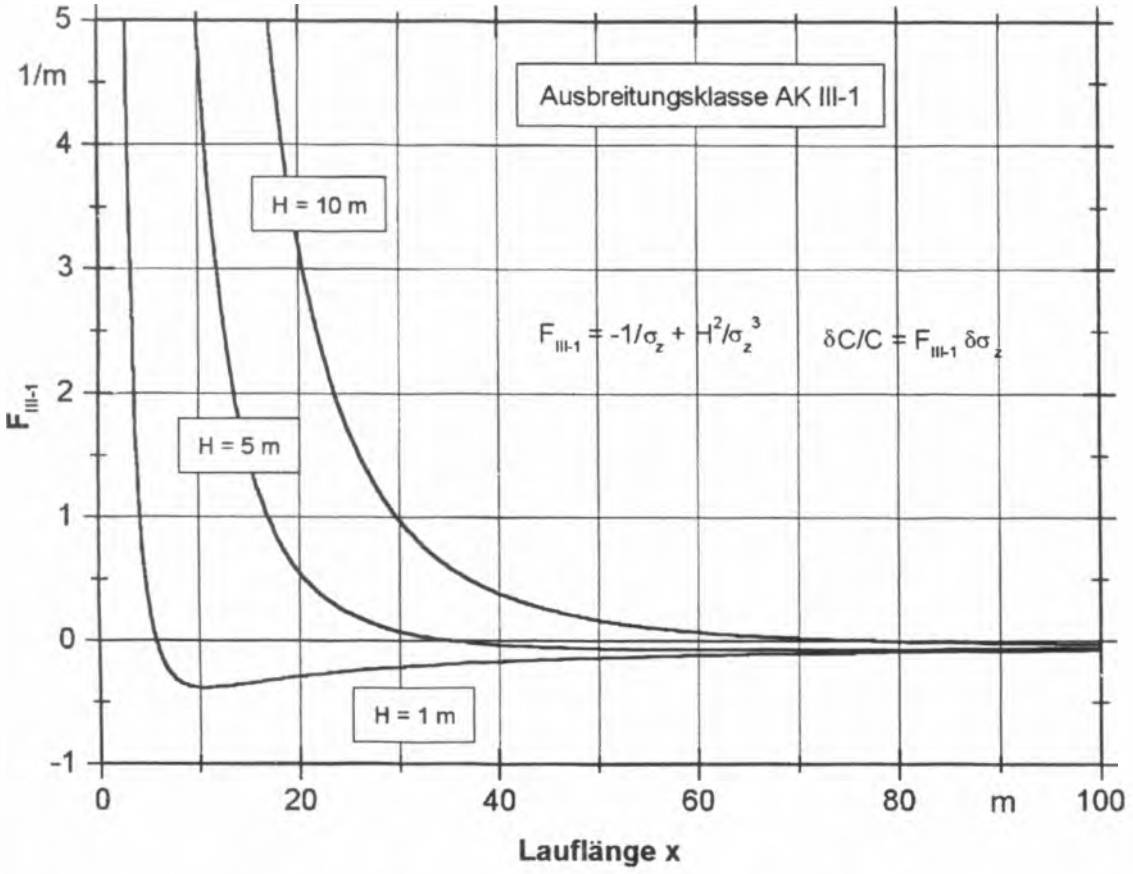
$$\sigma_z = Gx^g \quad (8)$$

Für bodennahe Quellen soll der Bereich für effektive Quellhöhen unter 50 m greifen. Geht man mit einem solchen Ansatz in Gl.(5) für AK III-1, d.h. F = 0,640, f = 0,784, G = 0,215 und

g = 0,885, dann zeigt Abbildung 1 den Graphen der umgeformten Gleichung (9) für drei verschiedene Höhen H = 1 m, 5m und 10 m.

$$\frac{\partial C}{C} \cong F_{III-1}\, \delta\sigma_z \qquad (9)$$

Abb. 1: Funktion F_{III-1} in Abhängigkeit von der Lauflänge x im Leebereich einer Quelle



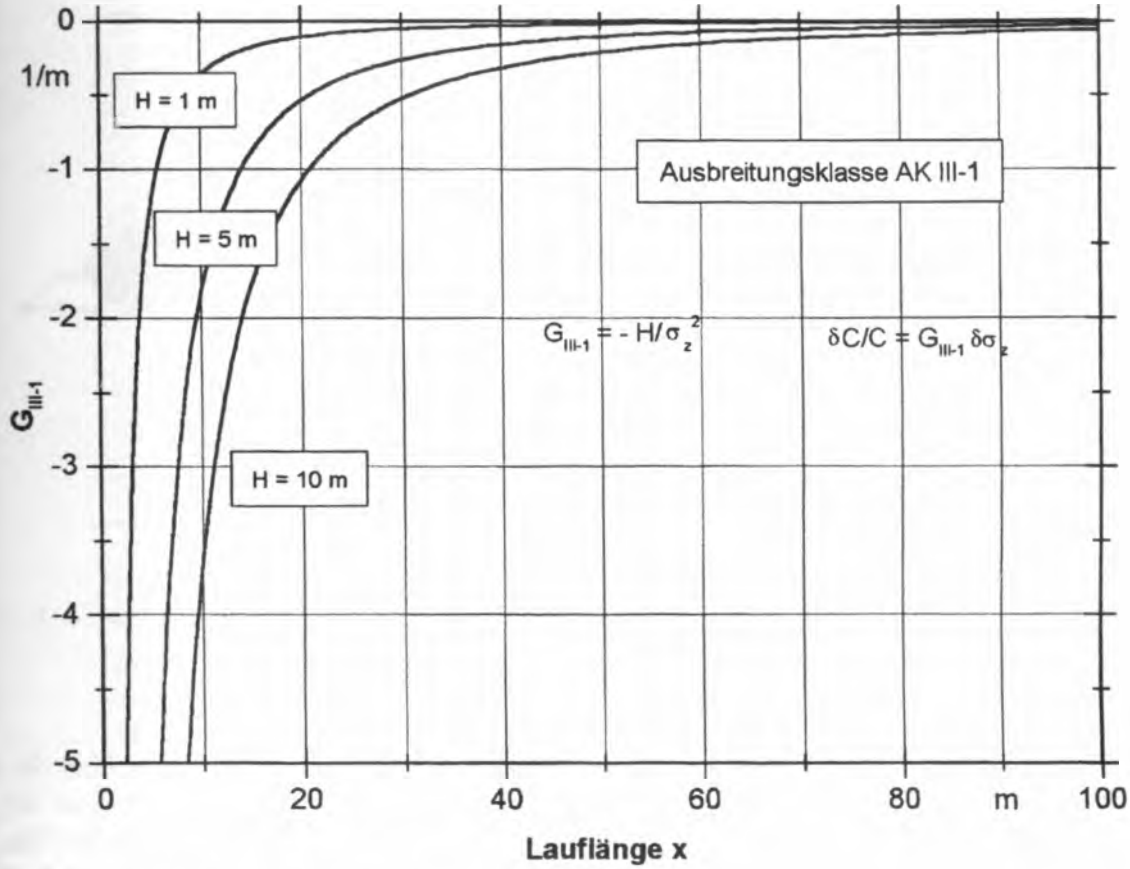
Die Funktion F_{III-1} läßt negative Anteile - nur diese bewirken eine Abnahme der Immissionskonzentration - bei der Quellhöhe H = 1 m für die Lauflänge ab x = 5,73 m bis über 100 m erkennen, bei der Quellhöhe H = 5 m für die Lauflänge ab x = 34,36 m und bei der Quellhöhe H = 10 m ab x = 75 m. Mit zunehmender Quellhöhe sinkt also der Bereich des Konzentrationsabbaues bedingt durch den vertikalen Ausbreitungsparameter σ_z. Umgekehrt nimmt der Konzentrationsabbau - zieht man Gl.(6) heran - bei ansteigender Quellhöhe H zu:

$$\frac{\partial C}{C} \cong G_{III-1}\, \delta\sigma_z \qquad (10)$$

Die graphische Auswertung der Gl.(10) in Abbildung 2 zeigt, dass für niedrige Quellhöhen eine Verstärkung des Immissionsabbaues in Quellnähe stattfindet, während sich für größere Quellhöhen eine Kompensation der Effekte in Quellnähe einstellt.

Die Effekte für niedrige Quellhöhen erweisen sich aber eher als Ausfluß einer recht einfachen Modellvorstellung: Punktquelle in unbebautem Gelände. Unter Berücksichtigung von Bebauung kann aber in der Tat für bodennahe Quellen ein Abbau der Immissionskonzentration erreicht werden, d.h. es wird die Beziehung Gl.(2) genutzt.

Abb. 2: Funktion G_{III-1} in Abhängigkeit von der Lauflänge x im Leebereich einer Quelle



3 Atmosphärische Ausbreitung

Wenn die Abluft aus Stallanlagen über First in die Umwelt verblasen wird, dann erfolgt eine Verdünnung der Geruchsstoffkonzentration in dieser Abluft durch Aufweitung des Abluftstrahles im atmosphärischen Wind. Diese Aufweitung ergibt sich infolge der sog. atmosphärischen Turbulenz. Die Aufweitung des Abluftstrahles wächst mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle an. Wenn die Entfernung zwischen Quelle und dem vermeintlichen Immissionsort groß genug ist, dann wird z.B. die Quellenkonzentration an Geruchsstoffen am Immissionsort unter die Wahrnehmungsschwelle, die per definitionem bei C = 1 GE/m^3 liegt, verdünnt sein. Bei stabilen Turbulenzverhältnissen kann es passieren, dass die atmosphärische Diffusion ihre Wirkung auf der zur Verfügung stehenden Entfernung verfehlt.

Dieses geschieht insbesondere bei bodennahen Emissionen. Die Abluft, die in eine gebäudenahe Umströmung gelangt, wird aufgrund der der Diffusion entgegenwirkenden stabilisierenden Strömungsbeschleunigung um ein Hindernis nicht so verteilt, wie es in der freien Strömung der Fall ist.

Von daher liegt es nahe, die atmosphärische Durchmischung und Verwirbelung auf mechanischem Wege zu unterstützen. Dieses kann dadurch geschehen, dass der Abluftstrahl an der Emissionsquelle zerfetzt wird. Abbildung 3 gibt ein Beispiel dafür, wie ein solcher Vorgang an einer Stallanlage realisiert werden kann und auch realisiert wird.

Abb. 3: Ableitung der Stallabluft über giebelseitige Ventilatoren. Prinzipskizze.

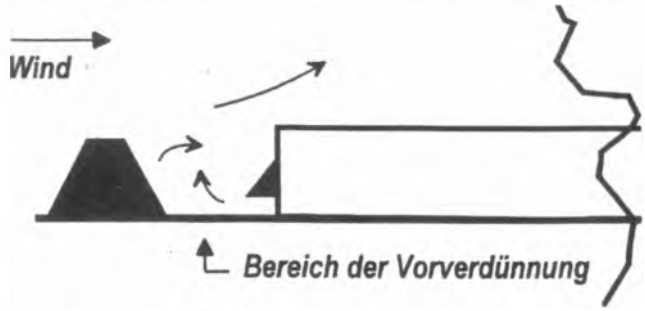
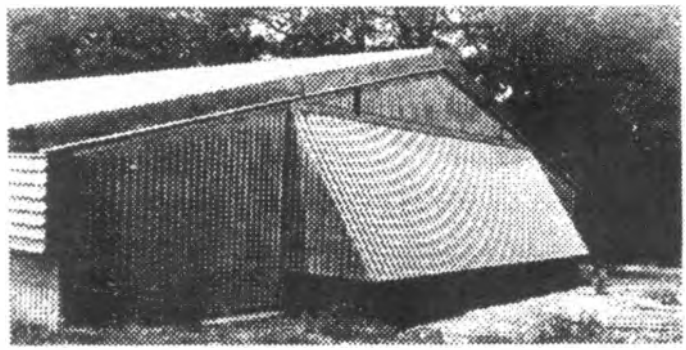


Abb. 4: Realisierung an einem Masthähnchenstall.



In den Abbildungen 3 und 4 wird die Abluft giebelseitig durch Seitenwandlüfter, über die eine Windabweishaube gestülpt ist, in Richtung Boden abgeleitet. Im Abstand von 4 m bis 5m wird parallel zur Giebelwand ein Wall errichtet, der über die Stallbreite hinausreicht. Die Abluft aus dem Stall prallt zwischen Giebelwand und Wall auf den Boden und wird mit der Umgebungsluft vermischt. Es kommt zu einer Vorverdünnung. Die verdünnte Abluft wird mit dem atmosphärischen Wind weitertransportiert. Der Wall läßt sich bepflanzen, um auch als biologischer Filter gegenüber Staub- und Ammoniakemissionen zu dienen. Zwischen Wall und Giebelwand kann ein wasserführender Kanal angelegt werden, um den Abscheidemechanismus zu unterstützen. Die nachfolgenden Abbildungen 5 bis 7 dienen zur Verdeutlichung des Ausbreitungsgeschehens.

Abb. 5: Geschwindigkeitsfeld zwischen Wall (links) und Seitenwandlüftung (rechts). Die Windanströmung erfolgt von links mit 2,5 m/s.

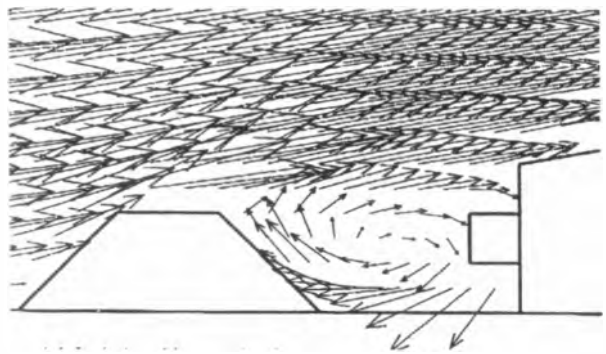


Abb. 6: Konzentrationsfeld bei der Umströmung eines Stallgebäudes bei Seitenwandlüftung, hier Vertikalschnitt. Die Windanströmung erfolgt von links mit 2,5 m/s. Die Stallbreite beträgt 22 m. Die Entfernung zwischen rechter Stallwand und Zeichnungsfeldbegrenzung macht 40 m aus. Die Geruchsisoplethen von 1, 3 und 5 GE/m³ sind gekennzeichnet.

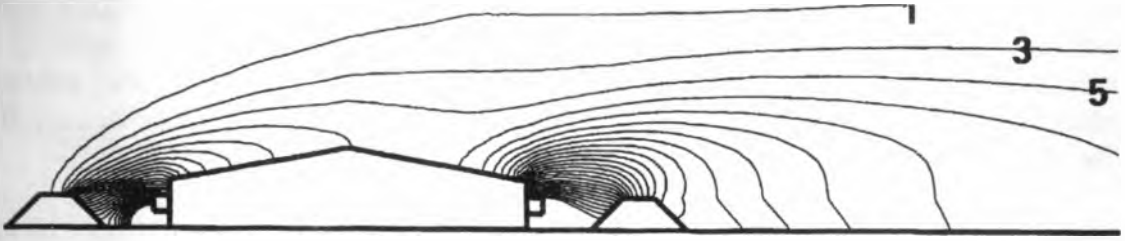
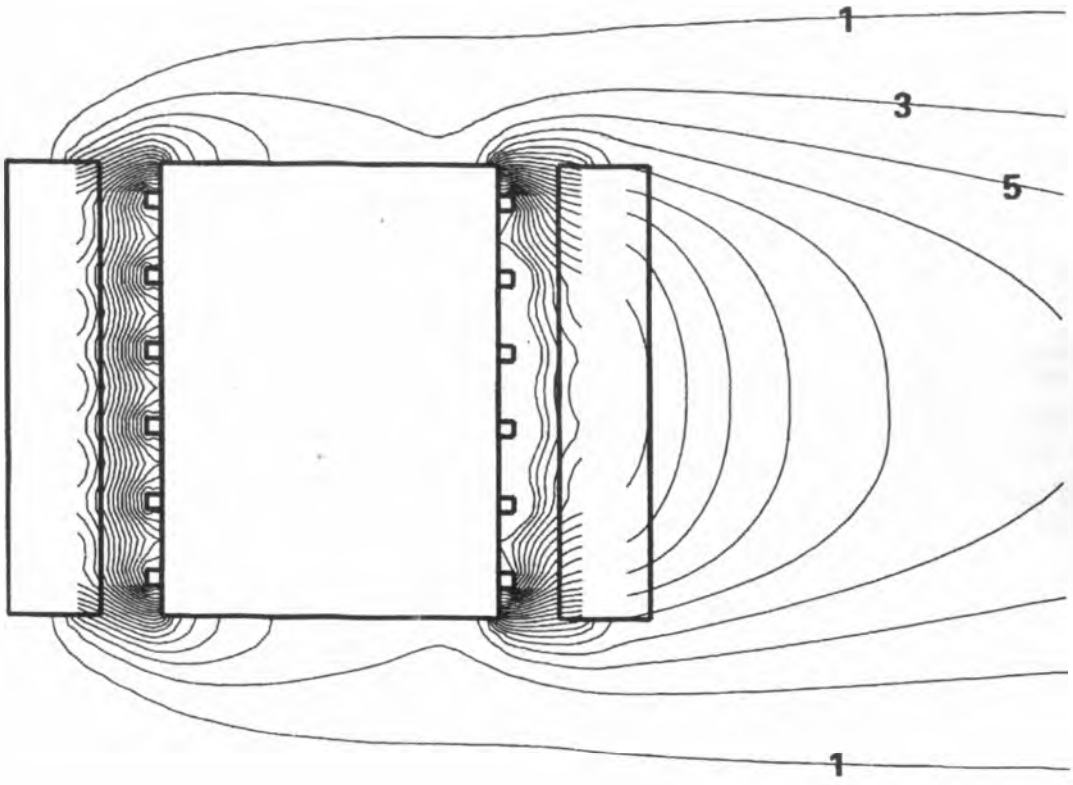


Abb. 7: Horizontalschnitt in einer Höhe von 1,5 m. Der Mastschweinestall, der links und rechts jeweils 6 Seitenwandlüfter aufweist, ist für 120 GV ausgelegt. Pro Lüfter wird ein Volumenstrom von 6.800 m³/h mit einer Quellenkonzentration von 350 GE/m³ verblasen. Die Geruchsisoplethen von 1, 3 und 5 GE/m³ sind gekennzeichnet.



Im Gegensatz zu Überfirstlüftungen wird zwar der Nahbereich bei der hier aufgezeigten Form der Fortluftableitung höher belastet, aber der Fernbereich geringer.

Das vorliegende Beispiel einer dreidimensionalen Strömungssimulation um einen Mastschweinestall läßt erkennen, wie das Verdünnungsprinzip der Fortluft nicht nur durch Luftbeimengungen im Abluftstrahl genutzt werden kann, sondern wie verdünnungsunterstützend mechanisch induzierte Turbulenzen aufgebaut werden können. Dazu ist die Umgebung einer Tierhaltungsanlage in das Ausbreitungskonzept einzubeziehen. Seitenwandlüfter können zur Renaissance gelangen - in Verbindung mit Zusatzmaßnahmen um das Stallgebäude, z.B. Bepflanzung der umgebenden Wälle.

Für die Durchführung der Strömungssimulation zeichnet Herr Hake am Institut für Biosystemtechnik der FAL verantwortlich, bei dem ich mich besonders für dessen beharrlichen Einsatz bedanke.

4 Zusammenfassung

An einigen Beispielen wird anhand von dreidimensionalen Strömungssimulationen die Ausbreitung von Geruchsstoffen simuliert. Ein "Vordenken" von Lösungen ist nur auf diese Weise kostengünstig möglich. Weitere "Ausbreitungsvarianten" müssen miteinander verglichen werden. Wenn man mit der Abluft nicht gleich sehr hoch hinaus will, d.h. auf eine Emissionshöhe von über 18 m, dann gibt es genügend Alternativen, die die Fernwirkung der Stallabluft reduzieren.

5 Literatur

BImSchG (1996): Bundes-Immissionsschutzgesetz: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge, Beck-Texte im dtv.

DIN 1946 (1988): RLT, Terminologie, Symbole (VDI-Lüftungsregeln), Beuth-Verlag, Berlin.

TA Luft (1986): Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft Das Credo der Richtlinien VDI 3471 und 3472 und der TA Luft im Hinblick auf die Ableitung von Emissionen besteht ausschließlich in der Politik der hohen

VDI 3471 (1986): Emissionsminderung Tierhaltung - Schweine, Beuth Verlag, Berlin.

VDI 3472 (1986): Emissionsminderung Tierhaltung - Hühner, Beuth Verlag, Berlin.

Stoffstrombilanzierung in der Legehennenhaltung

NESER, STEFAN; DEPTA, GEORG; GRONAUER, ANDREAS; SCHÖN, HANS

Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan, D-85350 Freising

1 Einleitung

Mit der Kenntnis um die schädigende Wirkung gasförmiger Emissionen aus landwirtschaftlichen Quellen ist neben der Notwendigkeit einer qualitativen Analyse der Emissionen die quantitative Untersuchung von immer größerer Bedeutung, da erst diese Werte eine Beurteilung von Stall- oder Haltungssystemen auf ihre Umweltverträglichkeit ermöglichen. Um die Mechanismen möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen bewerten und einordnen zu können, ist eine Betrachtung des gesamten Stoffstromes innerhalb eines Systems nötig.

An den Legehennenstallungen der Landwirtschaftlichen Lehranstalten des Bezirks Mittelfranken werden Legehennen in verschiedenen Haltungssystemen (Käfighaltung mit Kottrocknung, Bodenhaltung und Volierensystemen) innerhalb eines Gebäudes gehalten. Somit ist ein Vergleich dieser Haltungssysteme zeitgleich und unter ceteris-paribus-Bedingungen möglich.

2 Versuchsbetrieb

Die Tiere sind alle der gleichen Herkunft, werden mit dem gleichen Alleinfutter versorgt und sind im annähernd gleichen Entwicklungsstand. Neben den gasförmigen Verlusten werden der Futteraufwand und die Legeleistung erfasst.

Folgende Haltungsformen wurden verglichen:

2.1 Käfighaltung (720 Tiere)

In einer zweireihigen Aufstallung werden jeweils vier Tiere in einem Käfig gehalten, die Fütterung erfolgt automatisch mit einem Alleinfutter. Die Wasserversorgung erfolgt über Nippeltränken. Der Kot wird für den Zeitraum einer Woche im Stall auf Kotbändern unter jeder Käfigetage gelagert und mit einer Kotbandbelüftung getrocknet. Die Entmistung erfolgt vollautomatisch nach Ablauf einer Woche. Die Zuluftführung wird über Rieseldecken realisiert, der Vorraum des Stalles kann zum Anwärmen der Zuluft genutzt werden. Die Abluft wird mit einer Unterdrucklüftung abgesaugt.

2.2 Bodenhaltung (350 Tiere)

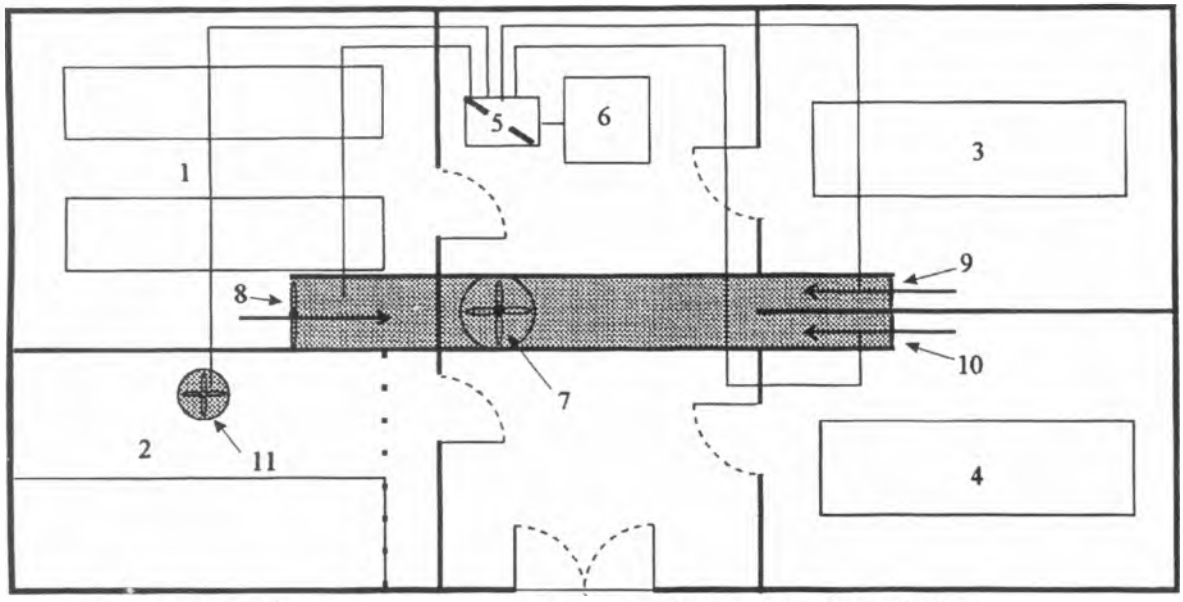
Das Bodenhaltungsabteil gliedert sich in die Bereiche Kotgrube und Scharrraum. Die Fütterungs- und Tränkeeinrichtungen befinden sich über der Kotgrube. Die Legenester an der Stirnseite des Raumes werden von Hand abgesammelt. Der Kot verbleibt für die gesamte Legeperiode im Stall. Die Zuluft wird über Leitbretter von außen zugeführt, die Abluft über Dach nach außen gesaugt.

2.3 Volierenhaltung (790 Tiere)

In der Mitte des Raumes befinden sich in drei Stufen die Sitzstangen, unter diesen verbleibt der Kot auf Kotbändern ohne Trocknung jeweils eine Woche. Die Kettenförderer für die Fütterung befinden sich im Bereich der Sitzstangen über den Kotbändern, ebenso die Nippeltränken. Die Lüftung dieses Abteils entspricht der Lüftung der Käfighaltung.

Ein zweites Volierenabteil war zum Zeitpunkt der Messungen nicht belegt.

Einen Überblick gibt die Abbildung 1:



1	Käfighaltung	7	zentraler Abluftventilator
2	Bodenhaltung	8	Meßturbine (Käfigbatterie)
3	Voliere I	9	Meßturbine (Voliere I)
4	Voliere II	10	Meßturbine (Voliere II)
5	Meßstellenumschalter	11	Abluftventilator u. Meßturbine (Bodenhaltung)
6	FTIR		

Abb. 1: Schematischer Überblick über die Versuchsstallungen

3 Meßtechnik

3.1 Gasanalytik

Zur Bestimmung der Gaskonzentrationen in der Abluft wurde ein FTIR-Spektrometer K300 der Fa. Kayser-Threde mit einer White-Zelle verwendet. Dieses Verfahren basiert auf der physikalischen Eigenschaft vieler Gase, Infrarot-Strahlung in stoffspezifischen Wellenlängen konzentrationsabhängig zu absorbieren. Die aufgezeichneten Infrarotspektren werden anhand des Lambert-Beerschen Gesetzes (1) ausgewertet:

$$I_{(v)} = I_{0\,(v)} \cdot e^{-\alpha_{(v)} lc} \qquad (1)$$

$I_{(v)}$:	*Intensität am Detektor*	I_0	*Intensität des Strahlers*
v	*Wellenzahl*	$\forall$	*Absorptionskoeffizient*
l	*Pfadlänge*	c	*Konzentration*

Ein Meßzyklus dauert ca. 200 Sekunden. Um die Konzentration der Abluft jedes Stallabteils einmal pro Stunde mit drei Werten messen zu können, ist eine 15 minütige Periode nötig. Die Meßstellenumschaltung erfolgt über eine zeitgesteuerte Anordnung von Ventilen. Die Meßperioden aus den Abteilen werden jeweils von einer 5-minutigen Meßperiode mit Umgebungsluft getrennt. Um Memoryeffekte und Adsorption an den gasführenden Schläuchen zu vermeiden wurden beheizte Tetrafluorethylen-Perfluorpropylen (FEP)-Schläuche benutzt (ROM, 1994).

3.2 Volumenstrommessung

Zur Erfassung der Abluftvolumenströme wurde in jedem Stallabteil ein den gesamten Abluftkanal abdeckender passiver Ventilatorflügel (Impeller oder Meßturbine) montiert, dessen Drehzahl über einen induktiven Näherungsschalter abgegriffen wird. Die Drehzahl steht in engem linearen Zusammenhang mit dem Volumenstrom. Die Kalibration der Meßturbinen wurde an einem Windkanal mit einem Laser-Doppler-Anemometer vorgenommen. Hierbei ergaben sich sehr gute Bestimmtheitsmaße für die Linearität ($R^2 > 0{,}97$) (vgl. SCHOLTENS, 1990).

3.3 Randparameter

Neben den Abluftvolumenströmen und der Konzentration wurde zusätzlich die Temperatur an der Probennahmestelle, im Tierbereich und die Außentemperatur gemessen. Um die Umrechnung der Konzentration als volumetrische Größe (ppm) in eine massenbezogene Größe (g/d) zu ermöglichen, wurde der Luftdruck und der Differenzdruck in der Zelle des Meßgerätes gemessen.

3.4 Leistungsparameter

Der Futterverbrauch wird über die Erfassung der in den Stall geförderten Futtermenge erfasst. Das Fördersystem ist mit einer Kippwaage und einem Zählwerk ausgestattet, sodaß die Futtermassen nach Stallabteil aufgeschlüsselt erfasst werden können.

Die Legeleistung (Eimassen und Eimengen) wird über die gesamte Legeperiode aufgezeichnet, in den Untersuchungungszeiträumen werden Proben entnommen und auf die Inhaltsstoffe Gesamtstickstoff, Gesamtkohlenstoff und Trockenmasse analysiert.

Der Kotanfall wird bei der Entmistung gewogen, Proben werden auf pH-Wert, Trockenmasse, Gesamtstickstoff-, Ammoniumstickstoff- und Gesamtkohlenstoffgehalt untersucht.

4 Ergebnisse

4.1 Emissionsraten

4.1.1 Ammoniak

Die Koträumung wurde bei Käfig- und Volierenhaltung zu Beginn des Meßzeitraumes (Tag 0) durchgeführt, in der Bodenhaltung verbleibt der Kot systembedingt während der gesamten Haltungsperiode im Stall. Diese Tatsache spiegelt sich in den Konzentrationsverläufen für Ammoniak in der Abluft wieder. Inbesondere in dem Stallabteil mit Käfighaltung und Kotbandtrocknung steigt die Ammoniakkonzentration nach der Koträumung mit zunehmender Kotmenge im Stall im Tagesmaximum von 10 ppm am Tag 1 auf 19 ppm deutlich an.

Die Volierenhaltung (ohne Kotbandtrocknung) liegt in der Ammoniakkonzentration im Bereich zwischen 9 ppm und 24 ppm, die Koträumung am Tag 7 senkt die Konzentration auf Werte nahe 7 ppm.

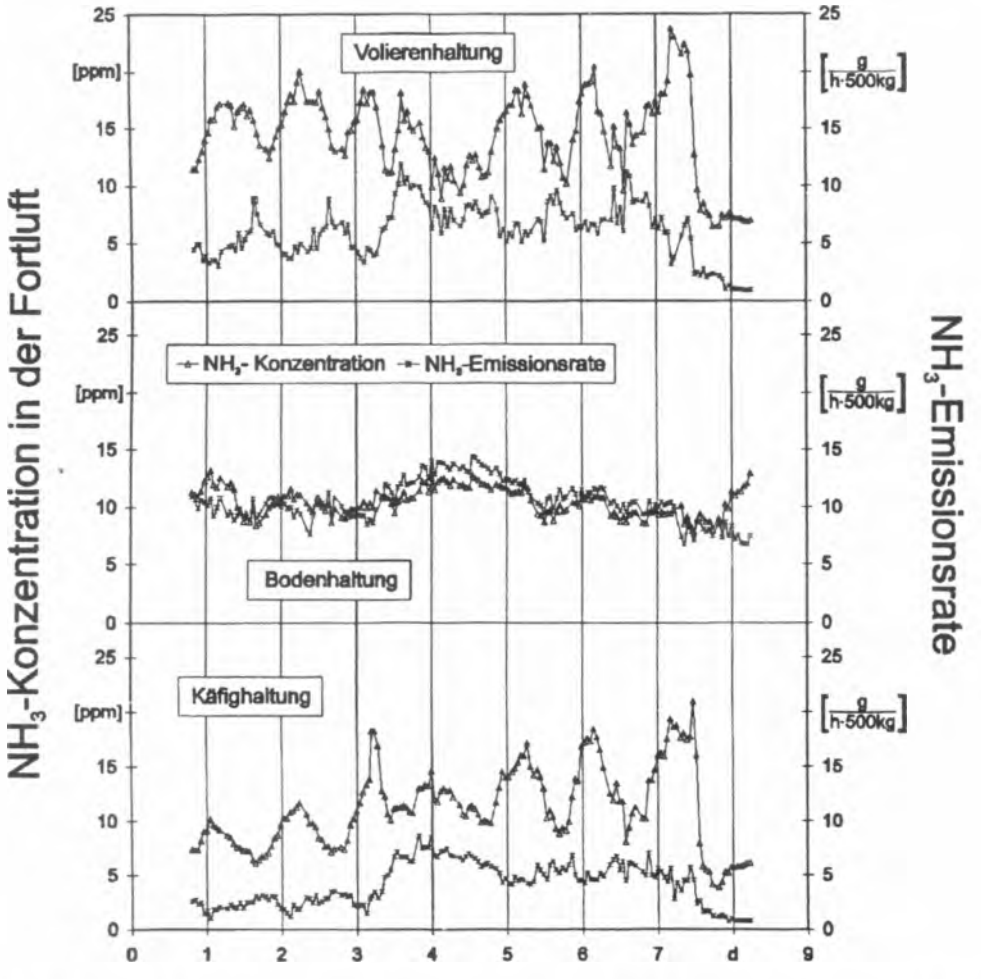


Abb. 2: Ammoniakkonzentrationen in der Fortluft u. Ammoniakemissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen

In der Bodenhaltung treten Ammoniakkonzentrationen in der Fortluft in der Spanne zwischen 7,5 ppm bis 13,0 ppm auf, ein Tagesgang ist nicht so ausgeprägt zu erkennen wie bei den beiden anderen Stalltypen, da der Kot im Stallabteil verbleibt.

Die Verrechnung der um die Hintergrundkonzentration bereinigten Ammoniakkonzentration mit dem Volumenstrom der Fortluft führt zur Emissionsrate. Um eine vergleichbare Größe zu erhalten, wurde auf 500 kg Lebendmasse standardisiert.

Die Ammoniakemissionsrate aus der Käfighaltung liegt während der ersten drei Tage im Bereich zwischen 1 und 4 g/hA500 kg LM, steigt am vierten Versuchstag auf 9 g/hA500 kg LM an um dann am fünften Tag wieder auf rund 6,5 g/hA500 kg LM abzusinken. Der Anstieg ist auf die hohe nächtliche Lüftungsrate zurückzuführen. Die Zunahme der Ammoniakemissionsrate ist auch im Bereich der Bodenhaltung zu erkennen, das Niveau liegt insgesamt höher (8-14,5 g/hA500 kg LM). Die Volierenhaltung weist ein Ammoniakemissionspotential zwischen Käfighaltung und Bodenhaltung auf. Der Tagesgang schwankt zwischen 3 und 9 g/hA500 kg LM, der Anstieg zur Wochenmitte erreicht Werte nahe 12 g/hA500 kg LM (Abbildung. 2).

PETERSEN UND FLÜGGE (1993) geben Ammoniakemissionsraten in Höhe von 7,9 g/hA500 kg LM für Bodenhaltung, für Käfighaltung mit Kotbandbelüftung Werte in Höhe von 0,31 g/hA500 kg LM (Winter) bis 1,71 g/hA500 kg LM (Sommer) an. SNEATH ET AL (1996) ermittelteten Werte von 7,89 g/hA500 kg LM für Käfighaltung bzw. 7,39 g/hA500 kg LM für Volierenhaltung.

4.1.2 Lachgas

Die Errechnung der Lachgasemissionsraten ist bei allen drei untersuchten Stallsystemen durch die geringen N_2O-Konzentrationen in der Fortluft, die bei allen drei nur sehr knapp über der Hintergrundkonzentration von 311 ppb (ENQUETE-KOMMISSION, 1994) lagen, und durch den unteren Meßbereichsendwert des FTIR-Spektrometers in der Zellenkonfiguration (Pfadlänge 7,2 m) kritisch zu beurteilen.

Bei Käfig- und Volierenhaltung mit einem ausgeprägten Tagesgang der Lüftungsrate führt diese zu einer zyklischen Schwankung der Emissionsrate im Bereich zwischen 0,02 g/hA500 kg und 0,15 g/hA500 kg. Bei der Bodenhaltung ist eine bei weitem größere Schwankungsbreite (0,05 g/hA500 kg bis 0,35 g/hA500 kg) zu erkennen, die keinen zyklischen Ablauf zeigt (Abbildung 3). SNEATH ET AL (1996) geben N_2O-Emissionsraten für Käfig- bzw. Volierenhaltung von 0,59 g/hA500 kg an.

4.1.3 Kohlendioxid

Die Schwankungen des Tagesganges liegen bei den Stallsystemen Käfighaltung und Volierenhaltung zwischen 400 und 1200 g/hA500 kg LM, bei der Bodenhaltung zwischen 700 und 1300 g/hA500 kg LM.

4.1.4 Methan

Methankonzentrationen konnten während der gesamten Meßkampagne von 8 Tagen mit insgesamt rund 170 Meßzyklen pro Stalltyp nur in sehr geringem Umfang festgestellt werden. Die Errechnung von Emissionsraten ist daher nicht sinnvoll.

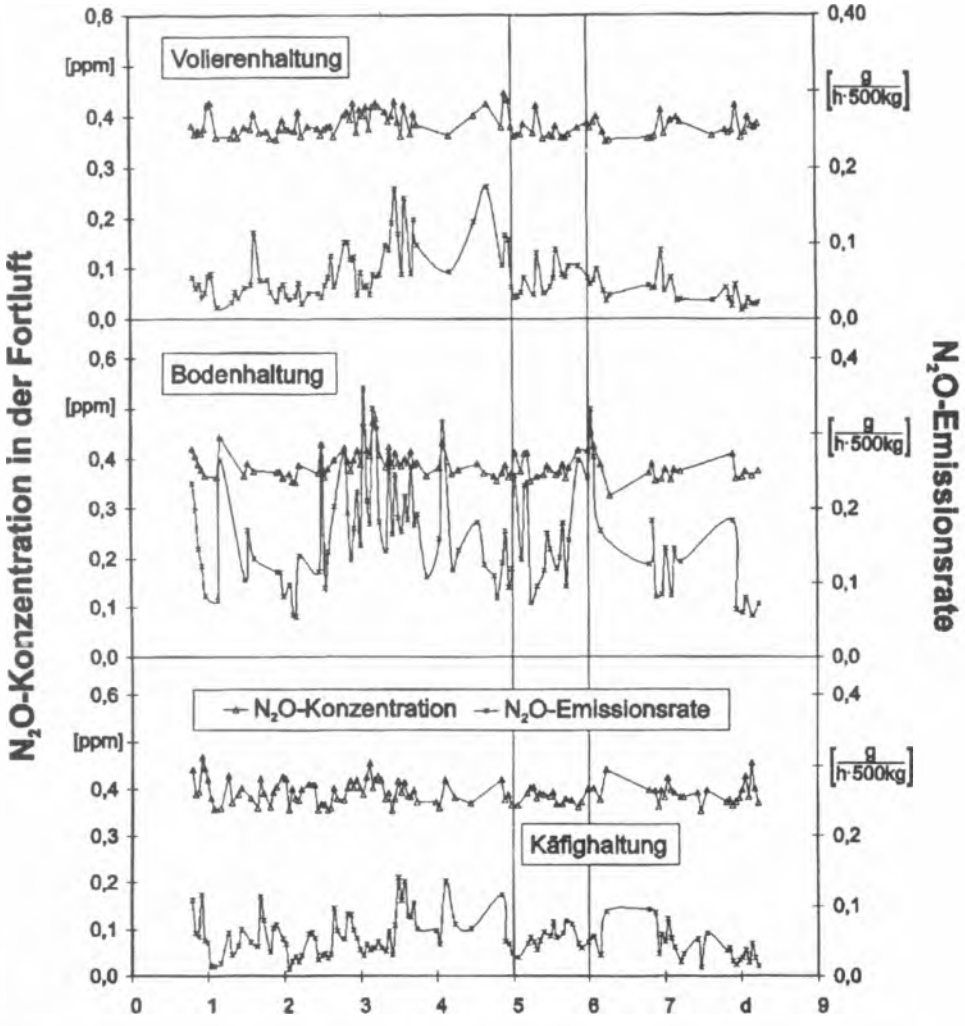


Abb. 3: Lachgaskonzentration in der Fortluft und Lachgasemissionsrate aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen

4.2 Stickstoffbilanz

Um die Haltungsverfahren in ihrem Emissionspotential insgesamt einordnen zu können, ist die alleinige Betrachtung der Emissionsraten nur bedingt zielführend. Die Bilanzierung der Input- und Outputströme für ein chemisches Element kann Aufschluß über Minderungsmöglichkeiten geben. Daher wurde in einem Bilanzierungsansatz der Input und Output an Stickstoff über die Versuchsphase kumuliert gegenübergestellt (Abbildung 4). Der Stickstoffeintrag in das System über das Futter konnte in allen drei Haltungsformen kontinuierlich erfaßt werden, desgleichen der Austrag von Stickstoff in Form von Ammoniak und mit den Eiern. Die Koträumung erfolgte in der Käfighaltung und der Voliere diskontinuierlich am Tag 7 des

Versuchszeitraumes, in der Bodenhaltung verbleibt der Kot über die gesamte Legeperiode im Stall. Für den Bilanzierungsansatz wurde die Stickstoffexkretion über den Kot nach folgender Formel (2) geschätzt (KIRCHGESSNER 1993):

$$y = 28{,}8 + 688 \cdot \frac{1}{x} \qquad (2)$$

y: N-Auscheidung mit den Exkrementen [mg/g Eimasse] *x: Eimasse [g/d]*

Bei der Bodenhaltung wird der im Stall verbliebene Kot-Stickstoff wird mit 85% angesetzt. Am Ende der Legeperiode wird anhand der angefallenen Kotmasse und der zu bestimmenden Konzentrationen diese Abschätzung mit Meßdaten abgesichert werden können.

Die Saldi in dieser ersten Bilanzierung liegen im Mittel unter 10 %, als weitere N-Verlustquellen kommen in erster Linie weitere gasförmige Verbindungen und Staub (Futter, Feder- und Körperoberflächenabrieb) in Frage.

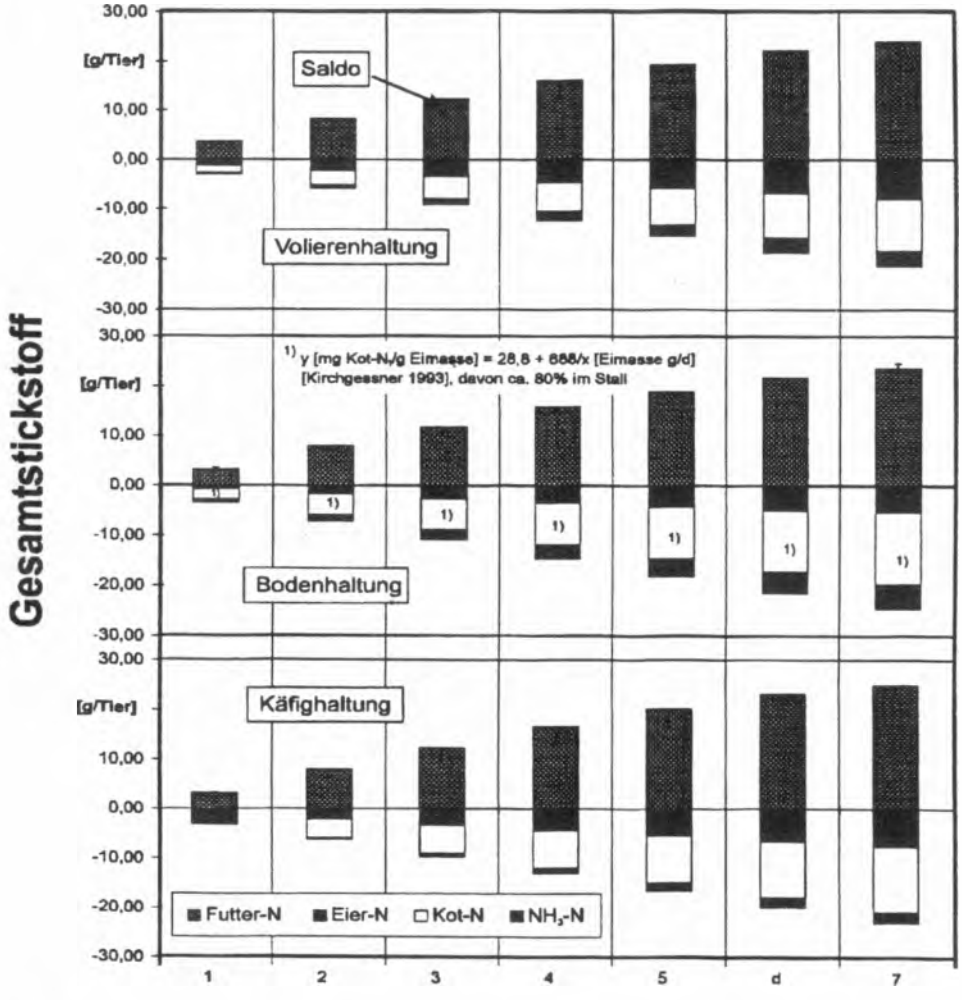


Abb. 4: Stickstoffbilanz an verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen innerhalb einer Meßperiode

5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

- Die einzelnen Haltungssysteme weisen in ihrem Ammoniakemissionspotential große Unterschiede auf. Die geringste Ammonaikemission tritt bei der Käfighaltung, die höchste bei Bodenhaltung auf, die Volierenhaltung liegt im Mittel zwischen beiden Extremen. Um in der Bodenhaltung, die vor allem bei kleineren Stalleinheiten und extensiv wirtschaftenden Betrieben als Haltungsform geeignet ist, eine Minderung der Ammoniakemission erreichen zu können erscheint die Koträumung als das Mittel der Wahl. Aus arbeitswirtschaftlicher Sicht sind hierfür Kotbänder wie in der Volierenhaltung vorzusehen. Diese können gegebenenfalls mit einer Kottrocknung ausgestattet werden. In jedem Fall ist ein geschlossenes Kotlager zu fordern.

- Das Lachgasemissionspotential war im Untersuchungszeitraum wesentlich geringer als in der bekannten Literatur angegeben. Haltungsbedingte Unterschiede waren aufgrund der Konzentrationen nahe der Hintergrundkonzentration nicht abzusichern. Tendenziell erscheint die Lachgasemissionsrate in der Bodenhaltung allerdings höher als in Käfig- oder Volierenhaltung.

- Methanemissionen waren im untersuchten Zeitraum bei keinem Haltungssystem nachzuweisen.

- Um das Emissionspotential der untersuchten Haltungssysteme unabhängig von jahreszeitlich bedingten Einflußgrößen (Temperatur, Lüftungsrate, Luftfeuchte) bestimmen zu können, werden noch drei weitere Meßkampagnen durchgeführt bzw. ausgewertet.

- Als weitere Verlustquellen sind Staubemissionen mit zu untersuchen.

6 Literatur

ENQUETE-KOMMISSION DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (1994): "Schutz der Erdatmosphäre" Schutz der Grünen Erde-Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Economica Verlag GmbH, Bonn. 702 Seiten.

KIRCHGESSNER, M. UND M. KREUZER (1990): Exkrementmenge und N-Ausscheidung in der Broiler- und Legehennenhaltung bei Variation der Fütterungsintensität an Protein und Energie. In: Agribiological Research 43, No. 4, 348-365

PETERSEN, J., FLÜGGE,CH., (1993): Analyse entweichender Stickstoffgase bei der Lagerung von Legehennenkot, Forschungsbericht Heft Nr. 13 des Lehr und Forschungs schwerpunktes „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft" an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrichs-Willhelms-Universität

ROM, H.B. (1994): Evaluation of Photoacoustic Ammonia Detection in Livestock Buildings, Report N. 94-C-032 of AGENG Milano

SCHOLTENS, R. (1990): Ammoniakemissionsmessungen aus zwangsbelüfteten Ställen in: Ammoniak in der Umwelt, KTBL, Darmstadt, S 20.1 - 20.9

SNEATH, R.W., HOLDEN, M.R., PHILLIPS, V.R.,WHITE, R.P., WATHES, C.M., (1996): An In ventory of Emissions of Aerial Pollutants From Poultry Buildings in the UK in International Konference on Ais Pollution from Agricultural Operations, Kansas City, Missouri

Interpretation of the Anemometer X-Probes Output Signals by Modified Method of Durst, Melling & Whitelaw

PETROVIC V. DRAGAN, TOSIC MILAN, TOPISIROVIC GORAN

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, p.o. box 127, 11081 Belgrade-Zemun, Yugoslavia

1 Introduction

The aim of livestock houses ventilation is to maintain uniform fresh air delivery in the whole livestock environmental space, without troublesome draught. This condition can be satisfied by efficient mixing of the thrown-in air with quiet inner air. How the used air is leaving the house is less important. The control of air flow, in livestock farming objects, demands detailed investigation of corresponding air velocity field. These flows are usually turbulent, containing fluid vortices of various scales that induce air velocity fluctuations. Nowadays, two instruments for true real-time quantitative measurement of non-stationary fluid velocity fields are available: laser-Doppler and hot-wire anemometer. Although the laser-Doppler anemometer is superior, it is significantly more expensive, demands special additional electronic equipment, achieve low measurement precision in gases, posses lower spatial resolution etc.

Hot-wire anemometer is an electronic instrument, mainly used for measurement of velocity, vorticity and temperature fluctuations in non-stationary fluid flows. Its sensors are thin hot-wires, 0.25-10 mm in diameter and 0.3-5 mm in length. Most anemometer probes possesses one or two wires, although the configurations with up to twelve sensors exists. Hot-wires are electrically heated by Joule effect and simultaneously cooled by environmental flow convection. Difference between generated and lost heat flux is balanced by inner wire energy, which is directly dependent on its temperature, i.e. corresponding electric resistance. If the sensor temperature is maintaining constant, by special electronic equipment, then the fluid velocity fluctuations can be evaluated on the base of anemometer output signals that are directly dependent on sensor voltage drops. Fast response, miniature probe dimensions, low price, etc. makes this instrument suitable for air velocity measurement in livestock houses.

The choice of hot-wire probe configuration (type) is some kind of compromise between its complexity and price from one, and measurement precision and efficiency on the other side. The anemometer probes with greater number of hot-wires enable higher measuring precision and efficiency, but are more expensive, shock sensitive and operationally less confident. Furthermore, they demand application of more expensive electronic measuring equipment, more complex numerical methods for anemometer output signals interpretation, larger computer peripheral memory, faster processing unit (in proportion to number of sensors), etc.

The properties of hot-wire anemometer probes depends on many parameters. Among them, the most important are number of sensors and probe configuration. Figure 1 presents various types of contemporary probes, produced on the University of Montenegro in Podgorica, Yugoslavia.

- ***VP-1N,I*** (with one wire) measure directly one velocity component and neglect two others.
- Probes ***VP-2X,V*** with two sensors measure directly two components, neglecting the third.
- Among standard hot-wire probe configurations, the highest precision can be achieved by probe ***VP-3M*** with three sensors - it need not neglecting of any velocity component.

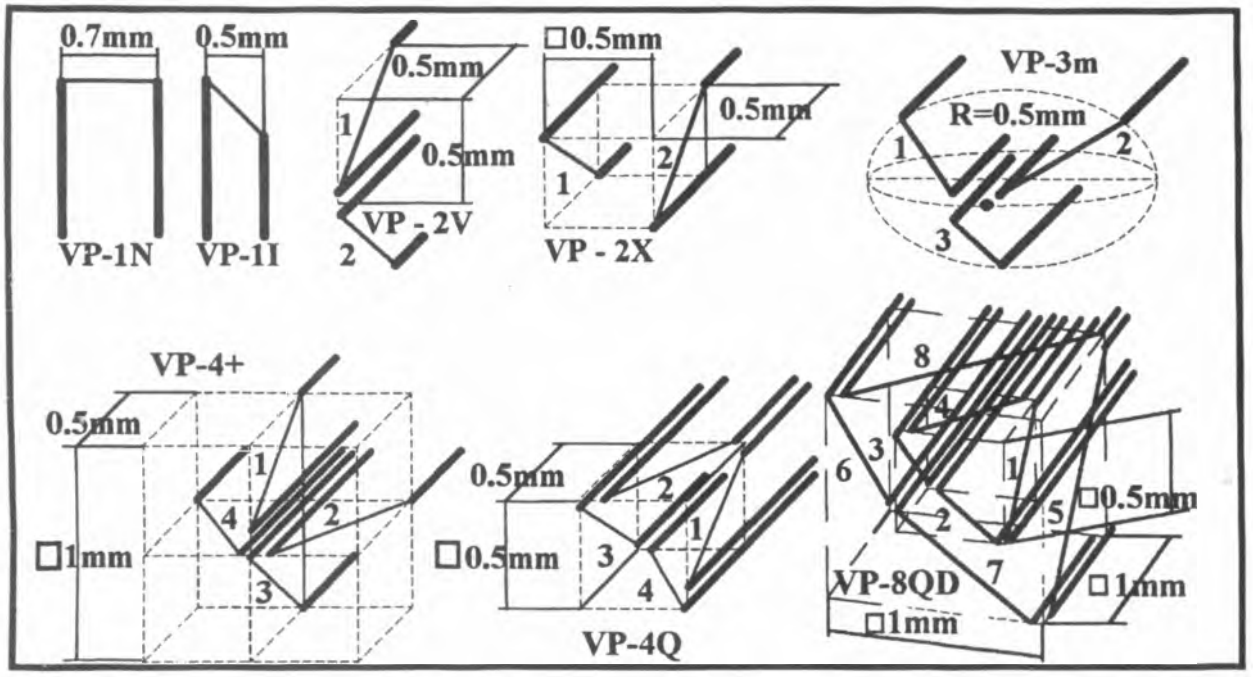


Fig. 1: Configuration schemes of some hot-wire anemometer probes for velocity measurement:

- Special probes ***VP-4+/Q***, designed by *Vukoslavcevic 1994.*, have 4-th additional hot-wire. *Petrovic 1996.* proved that ***VP-4+*** enable measurement of fluid velocity vectors, inclined toward probe axis at angles of up to 27.5^0. In the case ***VP-3M***, this angle is only $\sim 16^0$.
- Unique probe ***VP-8QD***, reported by *Petrovic 1996.*, is specified for testing the influence of velocity gradients on the results of turbulent velocity field measurement. It contains two quadrate coaxial probes (arrays) of various dimensions (characteristic scales ratio is 1 : 2).

2 General principles of hot-wire anemometer calibration

Hot-wire anemometer isn't an absolute instrument. It has to be calibrated before measurement, in order to define the dependence of fluid velocity vector on the anemometer response voltage drops. This can be done by inducing fluid velocities of known direction and intensity (measured by some absolute instrument, such as Pitot dynamic probe with liquid manometer). Inducing of fluid velocity vectors of various directions is necessary only for calibration of probes for 2-D or 3-D (D-dimensional) flows investigation. Various directions of fluid flow are simulated by simply rotating the hot-wire probe, in vertical (pitch) and horizontal plane (jaw calibration). Simultaneously with inducing known velocities, hot-wire anemometer output signals are registered for each induced fluid velocity vector. These "pairs" (velocity vector toward corresponding anemometer output voltage drops) are used for calibration curve fitting by least-square method, splines, orthogonal polynoms etc. In other words, some suitable form of calibration curve has to be adopted. After evaluating calibration curve coefficients, they are tested: measured anemometer calibration voltages E_j ($j=1,2,...,N_C$; N_C - number of calibration data) are used for evaluation of calibration velocities U_{Cj} from the calibration curves. Each sensor has its own calibration curve, based on the adopted mathematical form of cooling law and evaluated values of calibration constants. The computed values U_{Cj} are then compared to corresponding known values U_{Ij} of the induced calibration velocities. The resulting deviations:

$$e(U)_j = (U_{Ij} - U_{Cj})/U_{Ij}*100\% \quad (1)$$

enable true and confident quantitative control of calibration method. Formula 1 corresponds to longitudinal velocity and is satisfactory for single-wire probes. Multisensor probes, for 2-D/3D velocity field measurement, needs additional equations for transversal and lateral component:

$$e(V)_j = (V_{Ij} - V_{Cj})/U_{Ij}*100\%; \qquad e(W)_j = (W_{Ij} - W_{Cj})/U_{Ij}*100\% \quad (2),(3)$$

3 Algorithm of Durst, Melling & Whitelaw for single-wire probe

General mathematical relation between hot-wire voltage drop and corresponding fluid velocity, denoted as "hot-wire cooling law", is still unknown. For single-wire probe, *Durst et al 1971.*, resolved the problem of hot-wire non-linear response to fluid velocity. They fitted calibration data following the law proposed by *Davies & Bruun 1969.*:

$$E^2 - E_0^2 = K*U^N \quad <=> \quad \ln(E^2 - E_0^2) = \ln(K) + N*\ln(U) \quad (4)$$

Tab. 1: Calibration curve constants K_m, N_m, for DISA P05 boundary layer single-wire probe.

	Durst et al 1987.			Present investigation.				Durst et al 1987.			Present investigation.		
m	DU m/s	K_m	N_m	DU m/s	K_m	N_m	m	DU m/s	K_m	N_m	DU m/s	K_m	N_m
1	0.0-0.6	2.920	1.161	0.0-0.5	3.125	1.105	5	2.5-4.4	2.667	0.579	2.6-5.0	2.791	0.614
2	0.6-0.8	2.533	0.849	0.5-0.8	2.653	0.853	6	4.4-7.3	2.795	0.547	5.0-8.0	2.901	0.589
3	0.8-1.4	2.467	0.731	0.8-1.6	2.579	0.735	7	7.3-14	2.985	0.514	8.0-20	3.295	0.525
4	1.4-2.5	2.555	0.625	1.6-2.6	2.659	0.664	8	14-40	3.145	0.494			

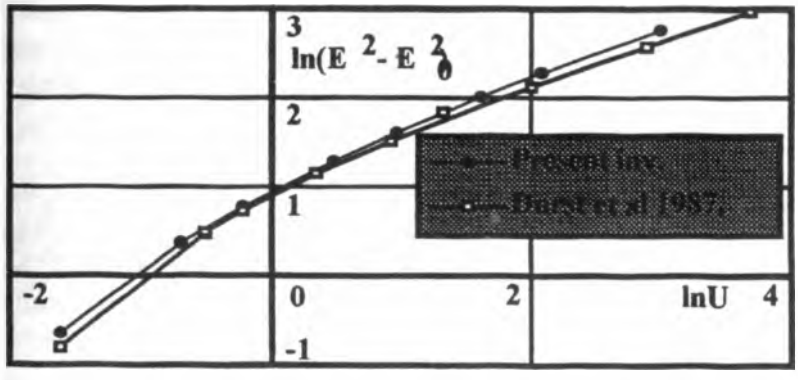


Fig. 2: Calibration curves of DISA P05 hot-wire probe, evaluated by method of *Durst et al 1971.*

where E_0 is the anemometer output voltage at zero fluid velocity $(U=0)$. In ideal conditions, logarithmic form of this law, presented on the right side of (4), would be a straight line with fixed parameters K and N in the whole range of calibration velocities. But, as it can be seen on figure 2, calibration coefficients K and N are velocity U dependent. In order to evaluate their appropriate values, *Durst et al 1971.* developed unique algorithm. Calibration data are suitably subdivided into velocity ranges DU_m, according to table 1, and adequate values of K_m, N_m ($m=1,2,...,N_M$; N_M - number of segments) are separately calculated for each interval of DU_m. In other words, calibration curve is segmented. The computer sets the segments widths to be small enough, until they yield wanted reproduction precision of induced calibration velocities: $e(U)_j<N\%$. Our test of *Durst et al 1971.* algorithm was successful: resulting calibration curve and constants are showed on figure 2 and table 1, together *Durst et al 1987.*

4 Corrected cosine law of hot-wire cooling

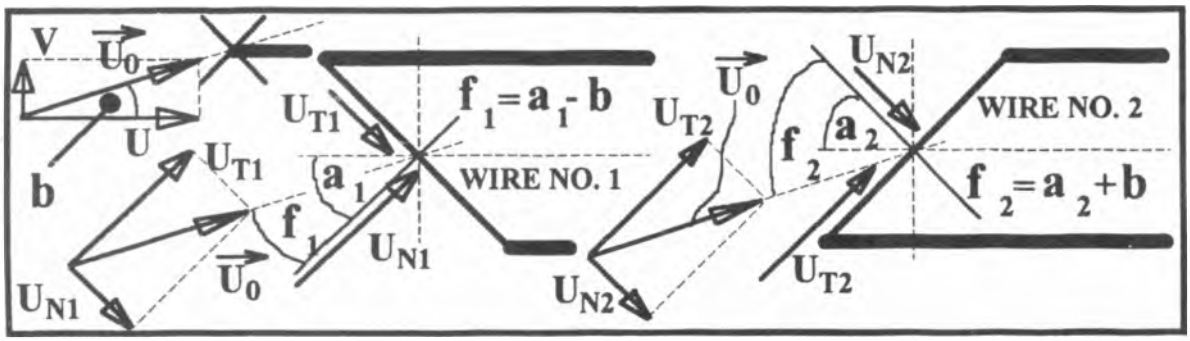


Fig. 3: Fluid velocity components in local co-ordinate systems of inclined hot-wires of X-probe.

Petrovic 1991. modified the procedure of *Durst et al 1971.*, in order to support two-wire DISA X-probe, specified for 2-D velocity field measurement. Sensors of this probe are inclined toward its axis. So, the virtual parameter known as "effective cooling velocity" U_E is introduced in cooling law (4), instead of the longitudinal component U:

$$E^2 - E_0^2 = K*U_E^N \quad <=> \quad \ln(E^2 - E_0^2) = \ln(K) + N*\ln(U_E) \tag{5}$$

U_E can be expressed by formula, reported by *Hinze 1959.:*

$$U_E = (U_N^2 + k^2*U_T^2)^{1/2} = U_0*(\cos^2 f + k^2*\sin^2 f)^{1/2} \tag{6}$$

where U_0 is the intensity of fluid velocity, U_N and U_T its components in the sensor local co-ordinate system and f is the angle between direction of fluid flow and line that is orthogonal to wire axis. Constant k describes the influence of tangential wire cooling. Besides k, a should be also evaluated by least square fitting of pitch calibration data. These approach results with effective values of angles a and f: a_E and f_E.

Low influence of tangential velocity U_T on wire cooling, in comparation to U_N, gives small values of k. Follows that simpler "cosine law" can be applied, instead of (6), to descript U_E :

$$U_E = U_{NE} = U_0 * \cos f_e \quad <=> \quad \ln(E^2 - E_0^2) = \ln(K) + N * \ln(U_0 * \cos f_E) \quad (7)$$

If geometric wire angle **a** is used in cosine law, only cooling effect of normal component U_N is correctly taken into account. Much more suitable is hot-wire effective cooling angle $\mathbf{a}_E$, because it takes into account hot-wire tangential cooling, limited length, influence of prongs etc., enabling more precise hot-wire voltage drops interpretation. The variant of cosine law, based on effective angle $\mathbf{a}_E$, is known as "corrected cosine law". Among others, *Andreopulos 1978.* tested DISA "X" probe, and showed that this law can be used at velocity angles $b < 20^0$.

5 Modified algorithm of Durst, Melling & Whitelaw 1971., for X-probe

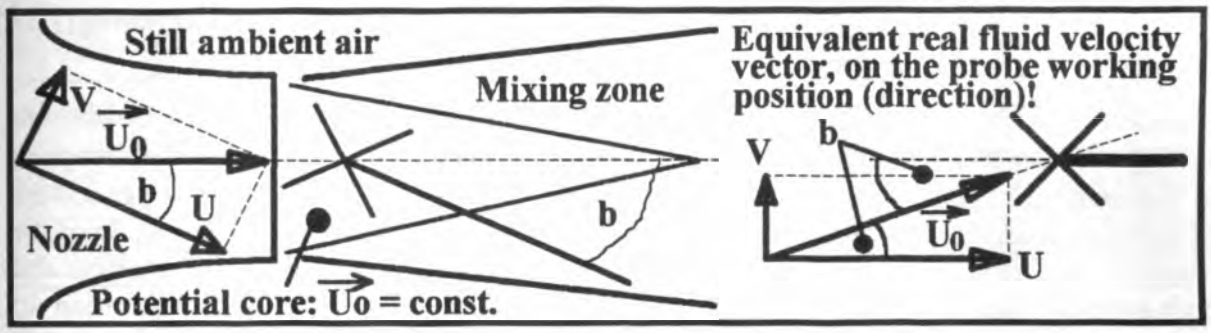


Fig. 4: Induction of various fluid velocity directions, by pitch calibration of X-probe.

Hot-wire anemometer is calibrated in uniform flow with nominally-zero turbulence level, such as jet potential core (see figure 4). The procedure consists of two stages. The first is pitch calibration: intensity of induced calibration velocity U_0 is keeping constant, but the probe is rotated in the plane of its sensors in order to evaluate wires effective cooling angles a_{E1}, a_{E2}. Instead of method used by *Andreopulos 1978.*, simpler procedure of the same precision is used here: probe pitch angle b is varied, with simultaneous registration of anemometer exit voltages: E_{1j}, E_{2j} ($j=1,2,...,N_{CP}$; N_{CP} - number of pitch calibration points). After polynomial or graphical fitting, the maximal values of functions $E_{1j}=E_{1j}(b)$, $E_{2j}=E_{2j}(b)$ are found. They correspond to wires effective cooling angles a_{E1}, a_{E2}. In the second calibration stage, direction of induced velocity U_0 is maintaining constant, but its intensity is varied. The values a_{E1}, a_{E2}, evaluated in the first stage, enable calculation of corresponding effective wire cooling velocities U_{E1j}, U_{E2j} ($j=1,2,...,N_C$; N_C - total number of calibration points), which are then fitted toward anemometer output voltages E_{1j}, E_{2j}, ($j=1,2,...,N_C$) from all calibration points, in order to evaluate constants K and N in (7). Following *Durst et al 1971.*, velocity range of calibration data and constants is subdivided, enabling precise interpretation of X-probe signals.

After calibration, X-probe is ready for measurement. Its signals E_{1l}, E_{2l} (shortly E_1, E_2) ($l=1,2,...,N_L$; N_L - number of signals, now sampled in real flow), are interpreted in two steps.

1. Effective hot-wires cooling velocities U_{E1} and U_{E2} are calculated from equation (5), on the base of anemometer output voltages E_1, E_2, E_{01} and E_{02}:

$$E_1^2 - E_{01}^2 = K_1 * U_{E1}^{N_1} \quad \Longrightarrow \quad U_{E1} = [(E_1^2 - E_{01}^2)/K_1]^{1/N_1} \quad (8)$$

$$E_2^2 - E_{02}^2 = K_2 * U_{E2}^{N_2} \quad \Longrightarrow \quad U_{E2} = [(E_2^2 - E_{02}^2)/K_2]^{1/N_2} \quad (9)$$

2. Longitudinal U and transversal V fluid velocity component represent the unknown variables of system of linear algebraic equations, based on the corrected cosine law (7) and figure 3:

$$U_{E1} = (U*\cos a_{E1} + V*\sin a_{E1}); \quad U_{E2} = (U*\cos a_{E2} - V*\sin a_{E2}) \quad (10),(11)$$

It can be simply solved. Follows:

$$U = (U_{E1}*\sin a_{E2} + U_{E2}*\sin a_{E1}) / (\cos a_{E1}*\sin a_{E2} + \cos a_{E2}*\sin a_{E1}) \quad (12)$$

$$V = (U_{E1}*\cos a_{E2} - U_{E2}*\cos a_{E1}) / (\cos a_{E1}*\sin a_{E2} + \cos a_{E2}*\sin a_{E1}) \quad (13)$$

Modified algorithm possesses unique property: digital reduction of sampled data. It assumes sorting of anemometer output voltage pairs (E_{1l}, E_{2l}) ($l=1,2...,N_L$; N_L - number of samples) in 2-dimensional histogram of (64x64) to (128x128) subintervals. Now, statistical parameters of turbulence velocity field are indirectly calculated from sorted data, instead directly from the complete data serie. Digital data reduction algorithm is suitable for long acquisition time and high sampling frequency measurement, with great number of samples. In comparation to ordinary numeric methods, it reduces number of calculations and sampled data storage needs.

6 Experimental set-up and flow conditions

Presented method is tested in round free turbulent jet, as flow configuration with most existing experimental data for comparation. The anemometer DISA 56C16 with classic DISA "X" hot-wire probe, supported by Burr-Brown 20089W-1 A/D converter and IBM personal computer, is used. Bucking-up amplifier, with built-in 4-th order high-pass filter at 0.16Hz and low-pass filter at 10kHz, successfully amplified anemometer output voltage drops and eliminated noise. The jet is initiated by open wind tunnel with round (D_0=24mm) cubic profiled nozzle, designed by *Petrovic 1991.* Exit velocity profile was top-hat type, with turbulence level of ~1.5% at the nozzle axis. X-probe is positioned through the flow by special mechanism (*Petrovic 1991.*). Its radial traversing resolution is ~0.05mm. Sensors overheat ratio is set to 1.8. and ambient air temperature is maintained constant within limits of +/-1.5C^0. Fluctuating turbulent velocity field is measured in vertical cross sections, at distances (from the nozzle mouths): $z = 3, 4.5, 6, 10$ and $20\ D_0$ (D_0 is nozzle exit diameter). Data are sampled during 60 s, at 6 kHz per channel.

7 Experimental results

Tab. 2: Calibration curve constants K_{1m}, N_{1m}, K_{2m}, N_{2m}, for standard DISA X-probe.

	Hot wire no. 1			E_{10} = 0.757 V	Hot wire no. 2			E_{20} = 0.760 V
m	DU_{AX1m}	DU_{E1m}	K_{1m}	N_{1m}	DU_{AX2m}	DU_{E2m}	K_{2m}	N_{2m}
1	0.00 - 1.28	0.00 - 0.92	0.221677	1.803153	0.00 - 1.28	0.00 - 0.92	0.211032	1.949145
2	1.28 - 2.40	0.92 - 1.72	0.203997	0.792015	1.28 - 2.40	0.92 - 1.72	0.192934	0.858377
3	2.40 - 6.27	1.72 - 4.51	0.229467	0.582229	2.40 - 3.51	1.72 - 2.52	0.218516	0.629577
4	6.27 - 7.58	4.51 - 5.45	0.263487	0.488966	3.51 - 7.58	2.52 - 5.45	0.231677	0.567849
5	7.58 - 8.40	5.45 - 6.04	0.321961	0.370754	7.58 - 11.24	5.45 - 8.08	0.262347	0.489917
6	8.40 - 16.94	6.04 - 12.18	0.254924	0.502402	11.24 - 21.04	8.08 - 15.14	0.261515	0.492788
7	16.94 - 21.04	12.18 - 15.14	0.273730	0.473212				

Before operative application, X-probe is calibrated. Pitch calibration gaves $a_e \sim 44^0$ for both wires. The constants K_{1m}, N_{1m}, K_{2m}, N_{2m}, evaluated in the second step, are presented in table 2. As it is expected, non-linearity of hot-wire cooling law was highly expressed, especially

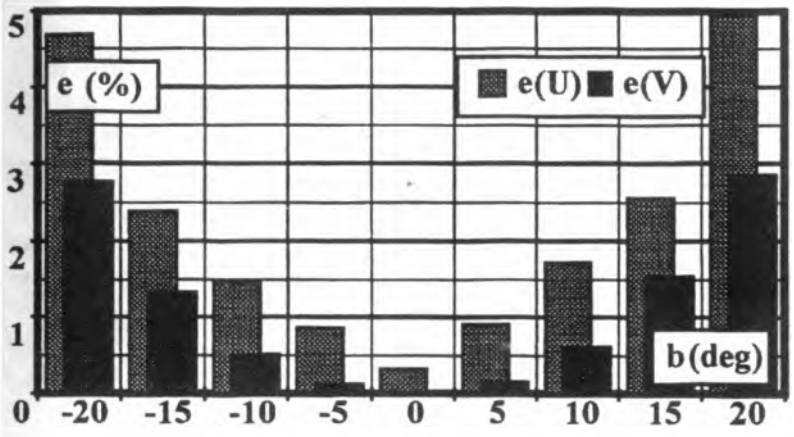


Fig. 5: Reproducing errors e of longitudinal U and transversal V air velocity components.

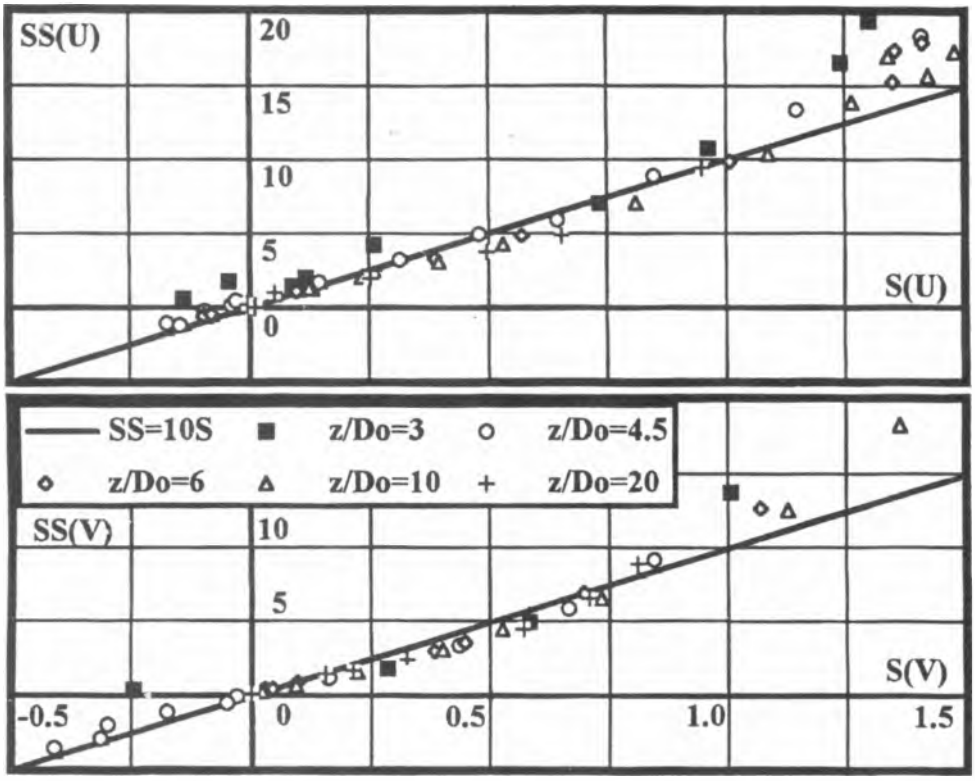


Fig. 6: Functional dependence between skewness *S* and superskewness *SS* factors.

at low speeds. Calibration method and numeric interpretation algorithm are tested by reproducing air velocities, induced during X-probe calibration. Anemometer exit calibration voltages E_{1j}, E_{2j} $(j=1,2,...,N_C)$ are numerically interpreted, by modified algorithm for X-probe support, using the evaluated calibration constants K_{1m}, N_{1m}, K_{2m}, N_{2m} $(m=1,2,...,N_M)$ and a_{E1}, a_{E2}. Figure 5 shows fairly well agreement between the original and reproduced values of velocity components, induced during calibration: reproduction errors of longitudinal $e(U)_j$ and transversal $e(V)_j$ components, induced by pitch calibration at 2.5 m/s, are under 5 %.

After successful calibration, X-probe is used for free round turbulent jet velocity field measurement. All results agree well with other available data of similar studies. Unfortunately, space limitations prevented presentation of all results, such as non-dimensional profiles of mean velocity, turbulence intensities, shear-stress etc. But, two exotic charts are given on figure 6. They are based on work of *Durst et al 1992.*, who verified some relationships of higher-order velocity moments in turbulent boundary layer. We proved the same relationships in turbulent round free jet. Figure 6 clearly shows the close agreement of our data to formula $SS=10*S$, where S and SS are skewness and superskewness factors of fluctuating longitudinal and transversal velocity component probability density distribution (in free round turbulent jet).

8 Conclusion

We presented the unique simple algorithm for interpretation of digitally reduced set of sampled "X" hot-wire probe signals. It is tested in turbulent jet. Sampling time of 60 s, multiplied by frequency of 6 kHz, gives $3.6*10^5$ voltage pairs (E_1,E_2) per each X-probe measuring position.

They are sorted in histogram of 96 x 96 = 9216 characteristic voltage pairs, extremely reducing the storage space and number of calculations. Our interest is focused to relationships between high-order velocity moments. They are calculated from powered instant values of measured velocity components. For example, superskewness ***SS(U)*** contains 5-th order powers of instant components U_I^5 ($I=1,...,N_L$; N_L - number of data), that enlarge measuring errors of non-powered values U_I. Follows that velocity moments demands precise measurement of velocity and represent good aerie for algorithm testing. Figure 6 shows good agreement of our data to line ***SS=10*S***, proving the applicability of modified algorithm of *Durst et al 1971.* in real flow. This relation, proved in round jet for the first time, is also important contribution of our work.

9 References

ANDREOPULOS, J. (1978): Ph. D. Thesis, Imperial College, Departm. of Aeronautics, London.

DAVIES, P. A. & BRUUN, H. (1969): The Performance of Yawed Hot-Wire. ISVR report 284.

DURST, F., ET AL (1971): The Interpretation of Hot-wire Signals in Low Turbulence Flows. Report Department of Mechanical Engineering, Imperial College, London, S.W. 7.

DURST, F., ET AL (1987): Probability Density Distribution in Turbulent Wall Boundary-Layer Flows. Turbulent Shear Flows 5, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 199-220.

DURST, F. ET AL (1991): On the Statistical Properties of Truncated Gram-Charlier Series Expansions in Turbul. Wall-Bounded Flows. Physics of Fluids A(4)1, p. 118-126.

HINZE, O. J. (1959): Turbulence. McGraw Hill Book Company, New York, USA.

PETROVIC, V. D. (1991): Master Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.

PETROVIC, V. D. (1996): Ph. D. Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Podgorica.

VUKOSLAVCEVIC, P. (1994): Influence of the 4-th Sensor on the Precision of Flow field Characteristics Measurement. Proceedings of the The IXX Yugoslav Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Kragujevac.

*This work is supported by Ministry of Science and Technology of Serbia: project **08M01**.*

Test von Ausbreitungsmodellen zur Emissionsratenbestimmung aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen

Schäfer, K.[1], I. Steinecke[2], O. Reitebuch[1], S. Emeis[1], G. Depta[3], S. Neser[3], A. Gronauer[3], J. Seedorf[4], J. Hartung[4]

[1)] Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung, Kreuzeckbahnstr. 19, D-82467 Garmisch-Partenkirchen (e-mail: schaefer@ifu.fhg.de, emeis@ifu.fhg.de)

[2)] Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Umweltmeteorologie, Postfach 101344, D-03013 Cottbus

[3)] Bayerische Landesanstalt für Landtechnik - TU München, Voettinger Str. 36, D-85350 Freising

[4)] Institut für Tierhygiene und Tierschutz, Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 17 P, D-30559 Hannover

1 Einleitung

Gasförmige Emissionen aus der Landwirtschaft belasten die direkte und weitere Umgebung und tragen in großem Maße zur Euthrophierung naturnaher Ökosysteme und zur anthropogenen Klimaveränderung bei. Das von verschiedenen Institutionen gesammelte Datenmaterial erfährt erst in den letzten Jahren eine Erweiterung über Ammoniak hinaus auf klimarelevante Gase wie Methan und Lachgas. Für diffuse Quellen existieren aufgrund der schwierigen Meßbedingungen nur sehr wenige Daten. Solche Daten müssen aber erhoben werden, um z.B. landwirtschaftliche Produktions- und Düngungsverfahren in Hinblick auf ihre Gasemissionen und die damit möglicherweise verbundene Euthrophierung und Klimabeeinflussung bewerten und vergleichen zu können, und um die Landwirtschaft überhaupt besser in das gesamte Emissionsgeschehen einordnen zu können. Diese Einordnung ist eine wesentliche Voraussetzung zur Erstellung von realistischen und verläßlichen Emissionskatastern.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wird daher ein Verfahren entwickelt, um aus einer Kombination von Messungen und numerischer Ausbreitungsmodellierung die Emission aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen zu ermitteln. Hierbei wird mit inverser Modellierung von gemessenen Immissionen im Lee einer diffusen Quelle die Quellstärke numerisch berechnet. Für den Test dieses Verfahrens sind Messungen im Lee eines geschlossenen Stalls mit Zwangsentlüftung und genau bekannter Emissionsrate durchgeführt worden. Die Gaskonzentrationen von NH_3, CH_4, N_2O und CO_2 sind mit FTIR-Spektroskopie ermittelt worden.

Weiterhin ist dieses Verfahren bei der Bewertung von verschiedenen Ausbringungsmethoden von Flüssigmist erstmals eingesetzt worden. Der Vortrag wird zunächst auf die verschiedenen möglichen numerischen Verfahren zur Ausbreitungsberechnung eingehen, dann die Meßanordnungen am geschlossenen Stall und bei der Flüssigmist-Ausbringung vorstellen und schließlich Auswertungen der beiden Meßkampagnen präsentieren und zur Diskussion stellen. Besonders die US-Umweltbehörde EPA hat bereits Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Bestimmung von Emissionsraten mittels Fernerkundungsverfahren und der inversen Modellierung auf der Basis von Gaussschen Ausbreitungsmodellen gefördert. Dazu wurden zahlreiche Validierungsexperimente mit gesteuerter Gasfreisetzung durchgeführt (Carter et al. 1993; Marshall et al. 1994; Vaughan et al. 1994). Somit liegen umfangreiche Kenntnisse auf

nicht landwirtschaftlichen Gebieten zu den Vor- und Nachteilen der inversen Modellierung zur Bestimmung von Emissionsraten vor.

2 Numerische Verfahren zur Ausbreitungsrechnung

Prinzipiell gibt es eine Reihe verschiedener Verfahren, um die Ausbreitung von Luftbeimengungen numerisch zu bestimmen. Die wesentlichen Verfahren beruhen entweder auf statistischen Eigenschaften der Stoffausbreitung, auf einer Eulerschen Beschreibung der Ausbreitung oder auf der Lagrangeschen Beschreibung der Ausbreitung. Da die statistische Methode auf einer Gaussschen Verteilung der sich ausbreitenden Luftbeimengung basiert, werden die drei Verfahren kurz als "Gaussmodell", "Eulersches Modell" und "Lagrangemodell" bezeichnet.

2.1 Gaussmodelle

Gaussmodelle beruhen auf der analytischen Lösung der Diffusionsgleichung, die die Ausbreitung von Stoffen von einer Quelle in der Atmosphäre oder am Boden beschreibt. Diese Lösung setzt horizontale Homogenität in der Umgebung der Quelle und stationäre atmosphärische Verhältnisse voraus. Als Eingangsdaten werden neben der Windgeschwindigkeit und der Quellstärke auch Angaben über die thermische Stabilität der Atmosphäre gebraucht. Je labiler die Atmosphäre geschichtet ist (tagsüber, wolkenlos, starke Erwärmung des Erdbodens durch Sonneneinstrahlung), desto größer wird die turbulente Durchmischung der bodennahen Atmosphäre und damit auch die turbulente Diffusion eines Stoffes in dieser Atmosphäre. Bei stabiler Schichtung (nachts, windstill, wolkenlos, starke thermische Ausstrahlung) dagegen stirbt die Turbulenz in der bodennahen Luftschicht ab und die turbulente Diffusion wird sehr gering, d.h. eine Fahne im Lee einer Quelle verbreitert sich kaum. Zur konkreten Anwendung wird die atmosphärische Stabilität einer Klasse zugeordnet, entsprechend der die Fahnenverbreiterungsparameter im Gaussmodell gewählt werden. Gaussmodelle sind auch in der TA Luft von 1986 als Stand der Technik aufgeführt.

Das PAL-Modell (Point, area, and line source algorithm) ist ein Beispiel für ein solches Gaussmodell und wird von der amerikanischen Umweltbehörde EPA vertrieben. Das Modell berechnet die Immissionen an bis zu 99 Aufpunkten für Mittelungszeiten von bis zu 24 Stunden. Dabei kann die Emissionen von bis zu jeweils 99 Punkt, Linien- und Flächenquellen berücksichtigt werden. Das Modell behandelt nicht-reaktive Luftbeimengungen (Gase und Aerosole) unter Berücksichtigung eventueller Deposition dieser Stoffe auf den Boden (Petersen und Rumsey 1987).

2.2 Eulersche Modelle

Zum Einsatz eines Eulerschen Modells benötigt man die Definition eines Gitters, welches die Rechenfläche bzw. das Berechnungsvolumen überdeckt. An den Schnittstellen dieses zwei- oder dreidimensionalen ortsfesten Gitters - den Gitterpunkten - werden die Bilanzgleichungen für Masse, den Impuls (der ist proportional zur Windgeschwindigkeit), die Temperatur und für die Luftbeimengungen numerisch gelöst. Es wird die zeitliche Änderung einer Stoffkonzentration an einem solchen Gitterpunkt als Funktion der Advektion mit dem Wind (horizontal und vertikal), der turbulenten Diffusion, der möglichen chemischen Umwandlung und der Quell- und Senkenstärken an diesem Ort berechnet, indem über die Zeit integriert wird.

Die erwähnten Bilanzgleichungen sind Differentialgleichungen in einem kontinuierlichen vierdimensionalen Raum (drei Ortskoordinaten und eine Zeitkoordinate). Zum Einsatz in einem Eulerschen Modell müssen diese Differentialgleichungen diskretisiert werden, d.h. sie werden in Differenzengleichungen, die an vorgegebenen Raum- und Zeitpunkten gelten, überführt. Die Raumpunkte sind die oben erwähnten Gitterpunkte.

2.3 Lagrangemodelle

Lagrangemodelle benötigen kein vorgegebenes ortsfestes Raumgitter. Hier werden die Bilanzgleichungen vielmehr für Punkte (Teilchen) gelöst, die sich mit dem Wind vorwärtsbewegen. Das Windfeld für den Raum, in dem das Lagrangemodell angewendet wird, muß a priori bekannt sein. Hierzu müssen entweder Messungen oder (Eulersche) Modellrechnungen vorliegen, die an jeden benötigten Raumpunkt inter- bzw. extrapoliert werden können. Ein Vorteil von Lagrangemodellen ist die bessere Beschreibung der Ausbreitung in direkter Quellnähe, in der sich eine Gitterstruktur, wie sie im Eulerschen Modell notwendig ist, als zu grob erweist. Nachteil des Lagrangemodells ist, daß ein Windfeld vorgegeben werden muß. Die Entwicklung eines Lagrangemodells, welches sich das Windfeld selbst mit berechnet (selbstkonsistentes Lagrangemodell) ist vorgeschlagen, aber bisher nicht zur Anwendungsreife gebracht worden.

3 Test der inversen Modellierung an einem Objekt mit bekannter Emissionsrate

Ursprünglich wurden alle oben erwähnten Ausbreitungsmodelle für den Fall erstellt, daß aus einer vorgegebenen Quellenverteilung und -stärke die Konzentration einer Luftbeimengung (Immission) an einem oder mehreren bestimmten vorgegebenen Aufpunkten berechnet wurde. Inverse Modellierung heißt jetzt, daß die genau umgekehrte Vorgehensweise gewählt wird. Aus Messungen ist die Immission eines Stoffs an einem oder mehreren Aufpunkten zu einem oder mehreren Zeitpunkten bekannt, und aus diesen Messungen soll auf die Emissionsquellstärke zurückgeschlossen werden. Für den Modelleinsatz bedeutet das, daß mehrere Modelläufe mit verschiedenen Emissionsquellstärken durchgeführt werden, bis man die beobachtete Immission reproduziert ("Monte-Carlo Methode").

Da ein selbstkonsistentes Lagrangemodell - wie ursprünglich angestrebt - derzeit nicht zur Verfügung steht, ist das Gaussmodell PAL verwendet worden. Zum Test des Verfahrens ist im Juni 1996 eine Meßkampagne an einem Schweinestall in Bronnen bei Mindelheim durchgeführt worden. Hier kamen zwei FTIR-Spektrometer (K300) der LTW (Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan) und des IFU (Institut für Atmosphärische Umweltforschung) zum Einsatz. Durch den Einsatz von vier Globaren, davon einer in 16,5 m Höhe, konnte auf vier Meßtrassen gemessen werden und eine räumliche Konzentrationsverteilung im Lee der Quelle erhalten werden. Für die meteorologischen Messungen kamen zwei Meteorologie-Stationen (IFU und LTW) und eine Temperaturdifferenzmessung (2 m und 10 m, LTW) zum Einsatz. Zusätzlich wurden mit einem vertikal hochauflösenden SODAR (Höhenauflösung 5m) das vertikale Windprofil und Turbulenzparameter gemessen, und mit einem LIDAR die Aerosolverteilung, wodurch die Abgasfahne lokalisiert werden kann, bestimmt (IFU).

Abbildung 1 zeigt die mit PAL berechneten Emissionsraten im Vergleich zu den am Kamin des Schweinestalls, der die einzige Entlüftung dieses Gebäude darstellt, gemessenen Emissionsraten. Der Vergleich ist noch nicht voll zufriedenstellend. Dies hat u.a. zwei Gründe: einmal können Strömungsbeieinflussungen durch das Gebäude in einem Gaussmodell nicht

berücksichtigt werden, zum anderen repräsentieren die Trassenmessungen kein statistisch hinreichend stationäres zeitliches Mittel, wie es für die Ergebnisse einer Gaussmodellierung impliziert wird.

So wird bei der Trassenmessung, wenn diese horizontal durch die Abluftfahne aus dem Kamin hindurchgeht, in der Horizontalen die Fahne in ihrer gesamten Ausdehnung erfaßt, in der Vertikalen aber nur ein Schnitt in der Meßhöhe durch die Fahne gelegt. Zudem verbreitert sich die Abluftfahne nicht kontinuierlich, sondern eine etwas schmälere Fahne mäandriert im Laufe der Zeit im Raum und überdeckt erst im zeitlichen Mittel über mindestens eine halbe Stunde das in der Gaussschen Ausbreitungsrechnung beschriebene Volumen mit der zugehörigen Konzentrationsverteilung. Mit einer einzelnen Trassenmessung hat man somit keine Chance, auf die Verteilung schließen zu können. Da man aus der Trassenmessung keine Information hat, ob und wo man die Fahne mit der Meßstrecke durchschnitten hat, kann man nachher nur eine minimale und eine maximale Emissionsrate abschätzen, je nachdem, ob man die Mitte oder den Außenrand der Fahne getroffen hat.

4 Anwendung der inversen Modellierung bei der Bestimmung der Emissionraten bei Flüssigmist-Ausbringung

Mit dem Ziel, die Stickstoffemission bei der Ausbringung von Flüssigmist zu verringern, fördert die Bayerische Staatsregierung emissionsmindernde Ausbringungstechniken. Für die Beurteilung der verschiedenen Techniken wurde zusammen mit der LTW im Oktober 1996 eine Meßkampagne in Krün bei Mittenwald durchgeführt, in der vier unterschiedliche Verfahren parallel und gleichzeitig unter gleichen Bedingungen getestet wurden. Krün wurde als Meßort gewählt, da hier aufgrund des herrschenden Berg- und Talwindregimes mit zwei oder drei genau bekannten Windrichtungen gerechnet werden konnte, die den Meßaufbau wesentlich vereinfachten. Auf den parallel zur Windrichtung angelegten 200 m langen Plots kamen die folgenden Ausbringungstechniken zum Einsatz:

- Plot 1: Doppel-Prallkopfverteiler (flächige Ausbringung)
- Plot 2: Prallschürze (flächige Ausbringung)
- Plot 3: Schleppschlauchverteiler (streifenförmige Ablage)
- Plot 4: Schleppschuhverteiler (streifenförmige Ablage zwischen dem Bewuchs)

Mithilfe zweier FTIR-Spektrometer und vier Globaren wurden jeweils auf zwei Plots gleichzeitig durch Messungen quer zur Windrichtung in Plotmitte die Konzentrationen von H_2O, NH_3, N_2O, CH_4, CO_2 und CO gemessen.

Die Auswertung erfolgte wiederum mit PAL. Die in diesem Modell zulässigen 99 Aufpunkte wurden entlang der Meßtrasse gelegt und eine über sie gemittelte Konzentration berechnet. Abbildung 2 zeigt die gemessenen Ammoniakkonzentrationen über den vier Plots. Es wird deutlich, daß über den Plots 1 und 2 kurz nach der Ausbringung erheblich höhere Ammoniakkonzentrationen auftreten als über den Plots 3 und 4. In den Abendstunden dreht sich dann dieses Verhältnis um. Dieses Verhalten spiegelt sich auch in den berechneten Emissionsraten wider, die in Abbildung 3 dargestellt sind. Eine Integration der Emissionen über die Zeit zeigt, daß die Gesamtemission von Ammoniak stark vom Ausbringungsverfahren abhängt. Die Gesamtemission nimmt in der Reihenfolge, wie die Verfahren oben genannt sind, ab. Setzt man die Gesamtemission von Plot 1 gleich 100%, so erhielt man von Plot 2 noch 96%, von Plot 3 74% und von Plot 4 nur noch 55% Gesamtemission.

Zur Bewertung des Verfahrens muß festgestellt werden, daß in Krün die Voraussetzungen für die Anwendung des Gaussmodell weitgehend erfüllt waren. Die Windgeschwindigkeiten während der Messung sollten nicht unter 2 m/s liegen, von daher sind einige Zeiten der Messung in Krün kritisch zu betrachten. Eine zu geringe Windgeschwindigkeit beeinträchtigt sowohl die Gültigkeit der Gaussformel als auch die Genauigkeit der Emissionsratenberechnung, da die berechnete Rate proportional zur Windgeschwindigkeit ist. Der prozentuale Meßfehler der Windmeßgeräte nimmt bei kleinen Windgeschwindigkeiten zu.

Weiterhin muß bei der Auswertung beachtet werden, in wie weit sich nebeneinander liegende Plots bei dem verwendeten Auswerteverfahren beeinflußen. In Krün lagen 4 Plots nebeneinander. Es empfiehlt sich folgendes Verfahren: Zunächst rechnet man alle Plots durch, so als ob sie isoliert von den anderen wären. Stellt man hierbei fest, daß sich die Emissionsraten der Plots nicht um Größenordnungen voneinander unterscheiden, so kann man in einem zweiten Durchgang annehmen, das alle benachbarten Plots dieselbe Emissionsrate haben und mit gegenseitiger Beeinflußung der Plots rechnen. Dieses Vorgehen hat sich in Krün bewährt.

5 Ausblick

Der Einsatz von Lagrange- und/oder Eulerschen Modellen wird in der weiteren Auswertung der beiden oben beschriebenen Meßkampagnen noch erfolgen. Aufgrund der unterschiedlichen Konstruktion der verschiedenen Ausbreitungsmodelle wird man erwarten, das jedes Modell in diesem Zusammenhang seinen spezifischen Einsatzbereich haben wird.

Ebenso wie die Emission von Ammoniak kann mit diesem Verfahren auch die Emission von Methan oder von Lachgas erfaßt werden. Die Bestimmung von Methanemissionen aus Mülldeponien, oder die Bestimmung von Lachgasemissionen aus Kompostanlagen oder Abwasserbecken, um nur zwei mögliche Anwendungen zu nennen, zeigen ein breites Einsatzspektrum für das Verfahren z.B. in der Abfallwirtschaft. Hiermit ergeben sich für die inverse Emissionsratenbestimmung Anwendungsgebiete, die weit über landwirtschaftliche Fragestellungen hinausreichen.

6 Abbildungen

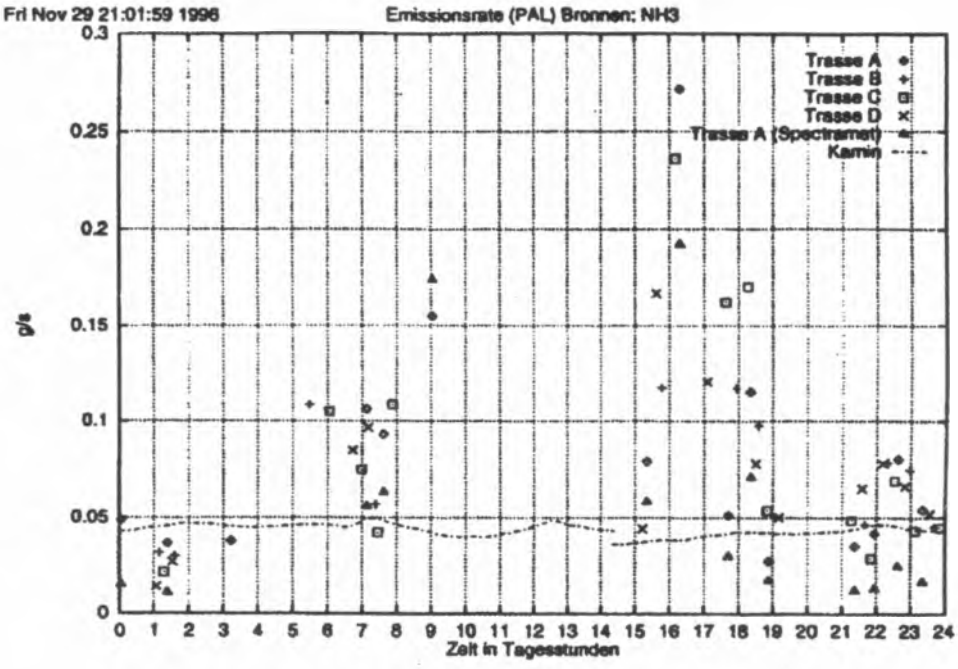


Abb. 1: Berechnete und gemessene Ammoniak-Emissionsraten in g/s für den Schweinestall in Bronnen am 18. Juni 1996

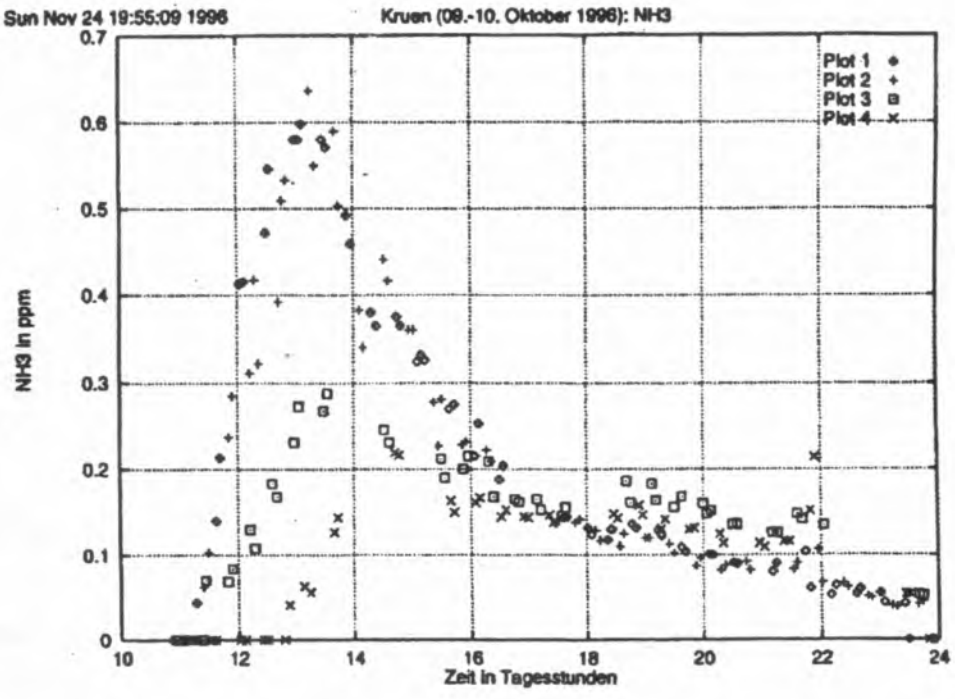


Abb. 2: Beobachtete Ammoniakkonzentrationen in ppm in Krün am 9. Oktober 1996 für alle vier Plots.

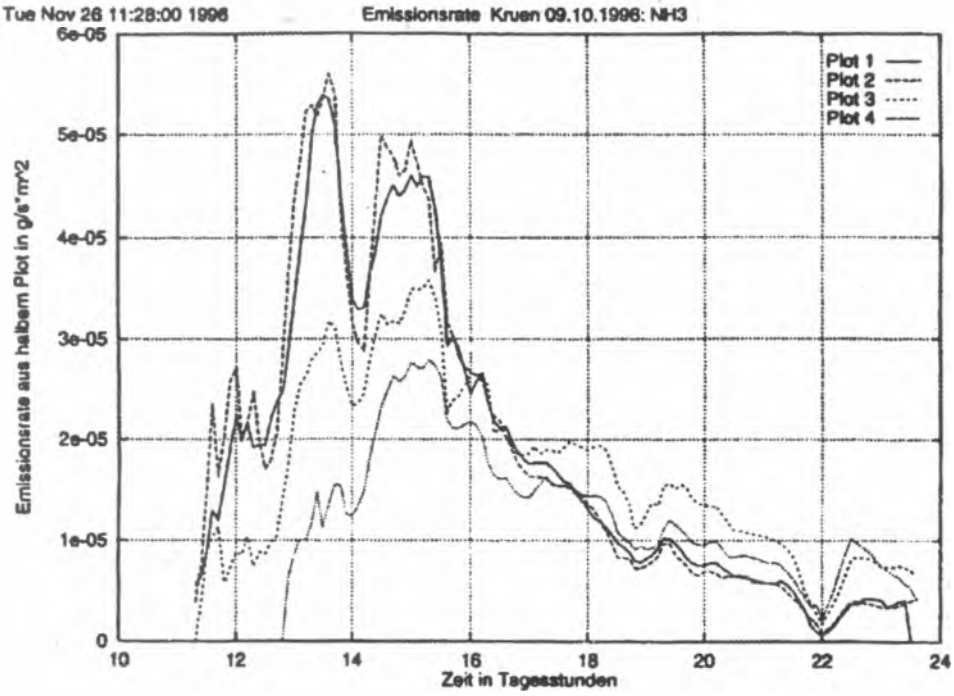


Abb. 3: Berechnete Ammoniak-Emissionsraten in g/(s m^2) in Krün am 9. Oktober 1996 für alle vier Plots.

7 Danksagung

Wir danken der DFG für die Förderung des Vorhabens (Kennzeichen Scha 571/3-1).

8 Literatur

Carter, R.E., D.D. Lane, G.A. Marotz, C.T. Chaffin, T.L. Marshall, M. Tucker, M.R. Witkowski, R.M. Hammaker, W.G. Fataley, M.J. Thomas und J.L. Hudson (1993): A method of prediction point and path-averaged ambient air VOC concentrations using meteorological data. J. Air Waste Manage. Assoc., 43, 480-488.

Marshall, T.L., C.T. Chaffin, R.M. Hammaker und W.G. Fataley (1994): Open-path FT-IR atmospheric monitoring. Environ. Sci. Technol., 28, 224-232.

Petersen, W.B. und E.D. Rumsey (1987): User's Guide for PAL 2.0 - A Gaussian-Plume Algorithm for Point, Area, and Line Sources. U.S. Environ. Prot. Agency, EPA-600/8-87/009. 25 S.

Vaughan, W.M., J.O. Zwicker, R.H. Dunaway und P. Martino (1994): The feasability of using optical remote sensing systems to determine fugitive emissions from petroleum refineries: A review of the present state of the technology. In: Optical Remote Sensing for Environmental Monitoring, Proceedings of an International Specialty Conference, Atlanta, Georgia. Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, Vol SP-89, 517-528.

Bewertung von Umweltschutzmaßnahmen in der Schweinemast

SCHLAUDERER, RALF, CHRISTIAN MAUL UND INGO ACKERMANN

Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

1 Einleitung

Die Forderung der Einbeziehung umweltrelevanter Entscheidungen in die betriebliche Gestaltung von Produktionsverfahren gewinnt zunehmend an Bedeutung. In diesem Zusammenhang werden wesentlich stärker als in der Vergangenheit emissionsmindernde Produktionsverfahren auch in der Tierhaltung gefordert. Für die landwirtschaftlichen Betriebe ist eine Anpassung der betrieblichen Produktionsprozesse an niedrigere Emissionswerte in der Regel mit zusätzlichem Aufwand verbunden.

Der Umfang der Emissionen kann auf vielfältige Weise beeinflußt werden, z. B. durch veränderte Fütterung, die Auswahl geeigneter Rassen und Gebrauchskreuzungen, die Gestaltung des Tierbereichs bis hin zu direkt wirkenden emissionsmindernden Maßnahmen. Die Vielzahl und Komplexität der zur Verfügung stehenden Eingriffsmöglichkeiten macht es schwierig, diejenigen Maßnahmen zu bestimmen, die die höchste Effizienz aufweisen. In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Kernfragen:

- wie wirken sich Änderungen einzelner Managementfaktoren auf Emissionen und Kosten aus?
- welche Möglichkeiten „optimaler Kombination" bestehen?
- welche Emissionsminderungspotentiale ergeben sich zu welchen Kosten?

Um Produktionsverfahren vergleichen zu können, müssen einerseits alle Bereiche einbezogen werden, in denen Emissionen entstehen, andererseits die mit den jeweiligen Verfahren verbundenen Kosten aufgezeigt werden.

2 Rechenmodell und Bewertungsansatz

2.1 Ziel des Rechenmodells

Um diesen komplexen Zusammenhängen gerecht zu werden und Umweltschutzmaßnahmen in der Schweinemast bewerten zu können, wurde das computergestützte Entscheidungsunterstützungsmodell SimSET (MAUL & ACKERMANN 1996a, Maul & Ackermann 1996b, Maul & Koch 1996) entwickelt. Die Bezeichnung SimSET steht für die **Sim**ulation von **S**chadstoff **E**missionen in der **T**ierhaltung. Das Ziel dieses Modells ist eine Kosten-Nutzen-Analyse von Produktionsverfahren und Umweltschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung umweltkritischer Stoffströme und ökonomischer Größen. Hierbei geht es primär darum, die Größenordnungen der Umweltbelastungen und die Effizienz von Management und technischen Maßnahmen richtig darzustellen.

2.2 Systemgrenzen

Das computergestützte Modell berücksichtigt derzeit ausschließlich in Nordeuropa verbreitete Produktionsverfahren der Schweinemast. Für die Berechnungen des Modells können folgende Komponenten der Produktionsverfahren angepaßt werden: Das verwendete Tiermaterial mit rassenspezifischen Wachstumskurven[1]; Mastanfangs- und Mastendgewicht; das Aufstallungsssystem (4-reihiger Maststall bzw. Kammstall; das Fütterungssystem (1-5 Phasenfütterung[2], Flüssig- bzw. Trockenfütterung); das Entmistungssystem (Rohr- bzw. Stauschwemmentmistung); die Güllelagerung (Hochbehälter bzw. Güllelagune mit variabler Oberflächengröße) sowie emissionsmindernde Maßnahmen (Biofilter, Abdeckung und Ansäuern der Gülle). Bislang noch nicht in das Modell integriert wurde der Arbeitsanspruch der verschiedenen Produktionsverfahren sowie die Ausbringung und der Umsatz der Gülle im Boden. Insgesamt sind dadurch Verfahrensvergleiche bis hin zu Szenarienrechnungen möglich (siehe Abb. 1).

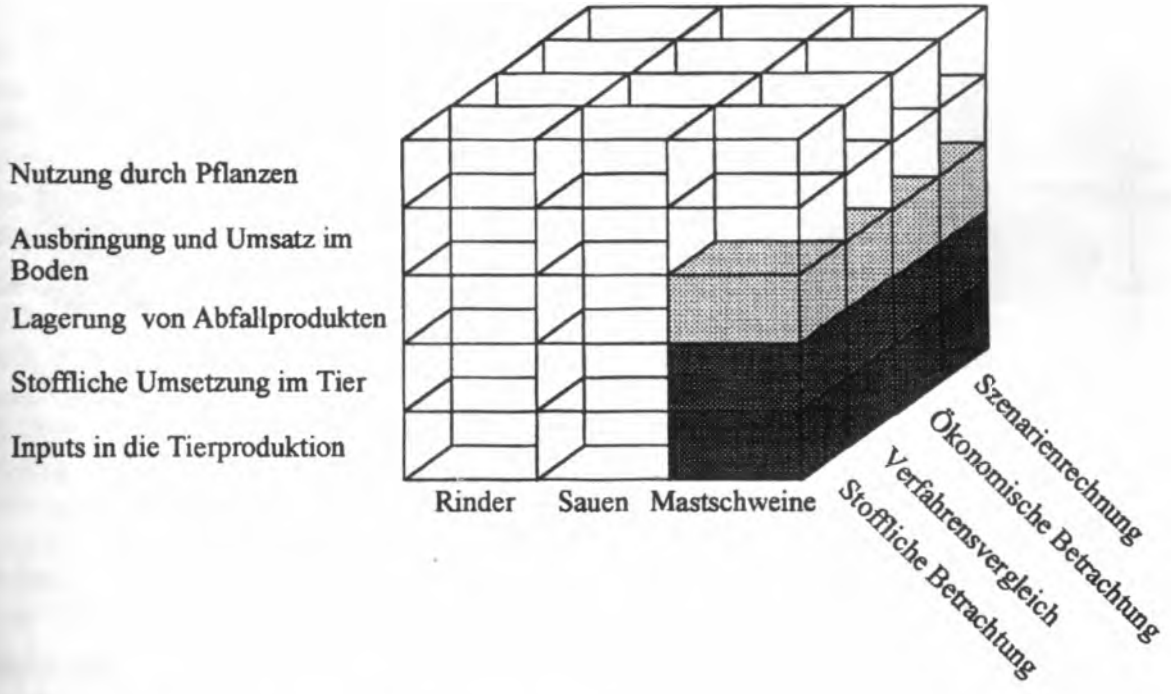


Abb. 1: Funktionen des Modells und mögliche Erweiterungen (MAUL & KOCH, 1996)

2.3 Modellstruktur

Zur Erstellung des Programms wurden die Tierhaltungsverfahren in ihre Komponenten zerlegt und die einzelnen Objekte der Systeme identifiziert. Die Umsetzung des Modells erfolgte mit Hilfe und nach der Notation der objektorientierten Methode von BOOCH (1994). Die Implementierung wurde mit dem CASE-Tool Rational Rose V. 2.7 durchgeführt, das diese

[1] Basis für die Berechnungen ist umfangreiches Datenmaterial der Hessischen Landesanstalt für Tierzuch Neu-Ullrichstein (Quantz, 1996)

[2] in Anlehnung an DLG-Information „Phasenfütterung in der Schweinemast", 3/1995

Methode unterstützt und der Programmiersprache Borland C++, Version 4.5. Die folgende Abbildung zeigt die vereinfachte Objektstruktur des Modells nach der BOOCH - Notation.

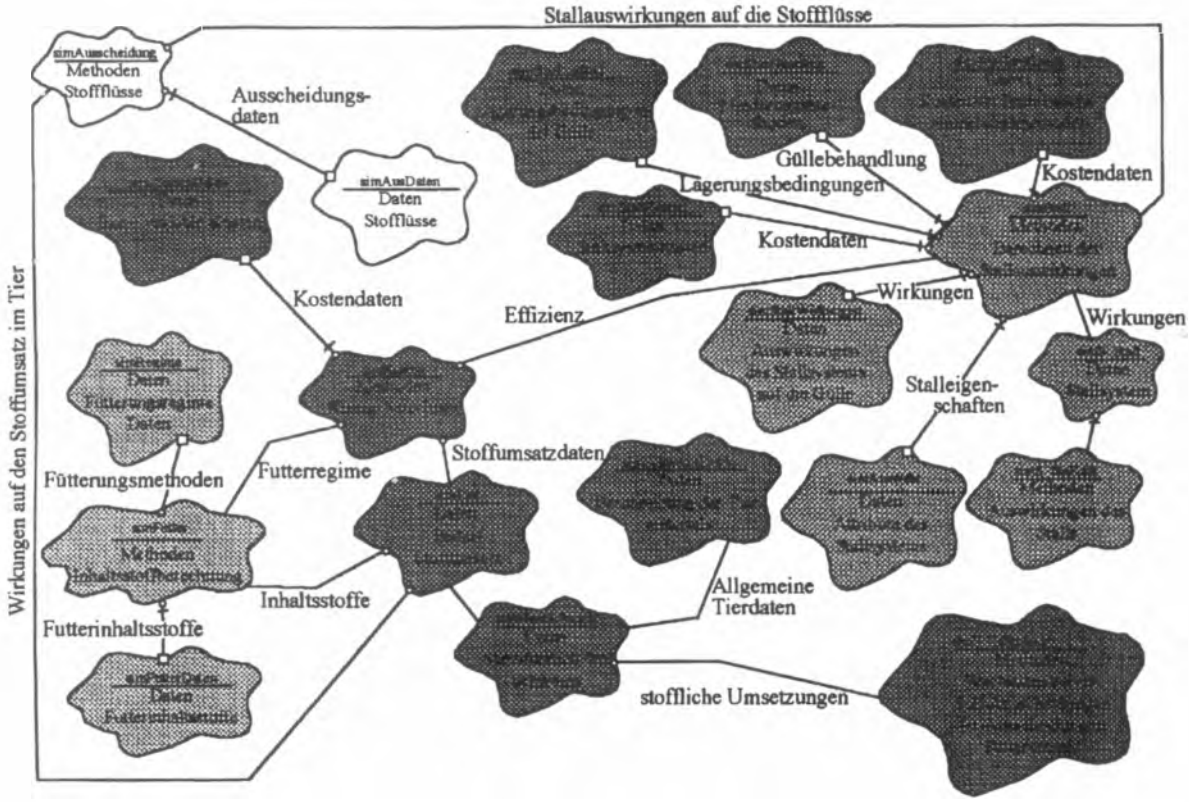


Abb. 2: Vereinfachte Objektstruktur von SIMSET (Maul & Koch 1996)

2.4 Bewertungsansatz

Bei der Entwicklung des Modells wurde ein besonderer Schwerpunkt auf die Kombination der Berechnung sowohl von Stoffströmen, als auch von ökonomischen Größen gelegt. Während sich die Stoffströme und die betriebswirtschaftlichen Kosten recht genau abbilden lassen, handelt es sich bei den makroökonomischen Größen um relativ grob angenäherte Betrachtungen. Der Vorteil der makroökonomischen Umweltkosten ist in der einfachen Interpretation zu sehen. Während Schadensvermeidungskosten relativ genau angegeben werden können, ist die Quantifizierung von Umweltschadenskosten mit großen Ungenauigkeiten behaftet. Der Bestimmung der makroökonomischen Kosten liegt in SimSET ein Standarddatensatz von Berg (1995) zugrunde. Dieser Standarddatensatz faßt die Umweltkosten der klimarelevanten Schadgaskomponenten ($C0_2$, CH_4 und N_2O) nach dem $C0_2$-Äquivalent zusammen. Darüber hinaus sind die Umweltschadenskosten für NH_3 berücksichtigt. Alternativ kann der Benutzer einen eigenen Basisdatensatz für die makroökonomischen Kosten angeben.

Ergänzend werden in den Ergebnismasken die umweltrelevanten Stoffströme ($C0_2$, CH_4, N_2O, NH_3, P) als physische Größen ausgewiesen. Die Quantifizierung der P-Bilanz erfolgt in der aktuellen Version vereinfacht auf der Grundlage einer durchschnittlichen Getreideration in der Schweinemast.

Schadstoffströme können an ihren Quellen wesentlich besser bestimmt werden als an den Orten der Deposition, insbesondere dann, wenn es sich um überregionale Phänomene mit Wechselwirkungen der beteiligten Komponenten handelt. Der Nachteil der Darstellung stofflicher Größen ist in der schwierigen Abschätzung ihrer Schadensrelevanz zu sehen . Bei der betriebswirtschaftlichen Bewertung werden fixe und variable Kosten berechnet. Die Fixkosten wurden auf der Basis von KTBL-Angaben je Mastplatz und Jahr berechnet. In den variablen Kosten werden die Kosten für Ferkel-, Futter- und sonstige variablen Kosten berücksichtigt.

3 Basisannahmen und Szenarienrechnungen

Im folgenden sollen die Auswirkung der Änderung einzelner Parameter auf die Stoffströme und Kosten von Produktionsverfahren dargestellt werden. Managemententscheidungen in jedem Bereich führen zu einer Beeinflussung der Emissionen. Um zu entscheiden, welche Elemente und Kombination in diesen Bereichen sowohl effektive Emissionsminderungen bewirken, als auch kosteneffizient sind, müssen eine Vielzahl von Verfahren miteinander verglichen werden.

Die Ergebnisse der ausgewählten Berechnungen wurden im Vergleich zu folgendem Referenzmodell bewertet: Kammstall mit 120 Mastplätzen, Bestand von 600 Tieren (Pietrain x DL), 500 g tägliche Zunahme, Trockenfütterung, Vollspaltenboden, Hochbehälter mit 12 m Durchmesser, 2 Phasenfütterung, Anfangsgewicht 25 kg, Mastendgewicht 115 kg, Ferkelpreis 80 DM, Futtermittelkosten 36 DM/dt, Ansatz Schadenskosten: NH_3 4.- DM/kg , N_2O - 8,10 DM/kg, CO_2 - 0,03 DM/kg, CH_4 - 0,60 DM/kg. In den unten geschilderten Szenarien wird dann jeweils ein Parameter des Referenzmodells geändert und die Wirkung auf Emissionen und Kosten unter *ceteris paribus* Bedingungen untersucht. In der Diskussion wird dabei insbesondere bezug auf die Emission von Ammoniak und auf den Umfang der Kohlendioxid-Äquivalente sowie auf die Gesamtkosten für die Mast je LU (Livestock Unit) genommen.

Durch die große Flexibilität des Modells bestehen eine Vielzahl von Variationsmöglichkeiten. Neben der Möglichkeit Emissionen durch die Wahl des Aufstallungssystems, der Fütterung etc. zu beeinflussen, kann auch durch Maßnahmen, die direkt auf die Emissionsquellen einwirken, eine Minderung erreicht werden.

Tab. 1: Ausgewählte emissionsmindernde Maßnahmen

Art der Emissionsminderung	*Kosten in DM*	*Bezugsgröße*	*Wirkung in %*
Biofilter	66	$Mastplatz^{-1} * Jahr^{-1}$	80
Ansäuerung mit Salpetersäure	31	$Mastschwein^{-1}$	90
Abdeckung mit Festdach	12.42	$Jahr^{-1} * m^{-2}$	90

3.1 Szenarien

Insgesamt wurden sechs Szenarien untersucht. Die ersten drei Szenarien (Ia,b IIa) beschäftigen sich mit Änderungen der Produktionsverfahren, die einen indirekten Einfluß auf die Emissionen haben, die anderen drei haben einen direkten Einfluß auf die Emissionsbildung:

I a) Auswirkung unterschiedlicher Zunahmeraten auf Stoffströme und Kosten (betrachtet wurden hier tägliche Zunahmen von 500, 600 und 700 g)

b) Auswirkungen unterschiedlicher Aufstallungsformen auf Kosten und Stoffströme (4-reihiger Maststall und Kammstall, 120 Mastplätze)

II a) Auswirkungen unterschiedlicher Entmistungssysteme

b_1) Auswirkungen einer Güllebehälterabdeckung mit Holzdeckel im Vergleich zu „ohne emissionsmindernde Maßnahme".

b_2) Auswirkungen der Ansäuerung von Gülle im Vergleich zu „ohne emissionsmindernde Maßnahme".

b_3) Auswirkungen eines Biofilters im Vergleich zu „ohne emissionsmindernde Maßnahme".

Die mit den Standarddatensätzen von SimSET ermittelten Ergebnisse lassen sich folgendermaßen interpretieren:

ad I a) Auswirkungen unterschiedlich hoher täglicher Zunahmen auf Emissionen und Kosten

Höhere tägliche Zunahmeraten wirken sich sowohl emissionsmindernd als auch kostensenkend aus (Tabelle 2). Eine Steigerung der täglichen Zunahmerate von 500 g/Tier auf 700 g/Tier führt unter *ceteris paribus* Bedingungen zu um 38 % niedrigeren Ammoniakemission. Die CO_2-Äquivalente[3] vermindern sich dabei um 25 %. Im betriebswirtschaftlichen Kostenblock nehmen bei einer Erhöhung der täglichen Zunahme von 500 g auf 700 g die Stallkosten stark ab (-38 %) und wirken sich auf die Gesamtkosten der Mast mit -6 % aus. Die kalkulierten Umweltschadenskosten sind im Vergleich zu den Gesamtkosten der Mast relativ gering; Beide Kostenarten ändern sich in der gleichen Richtung.

Ein besseres Management kann somit einerseits dazu beitragen, die Emissionen nachhaltig zu senken und andererseits die Mastkosten zu verringern. Die beiden Ziele niedrigere Emissionen und geringere Kosten sind somit komplementär.

[3] Umrechnungsfaktoren für CO_2-Äquivalent: CO2=1; N2O=270; CH4=11

Tab. 2: Auswirkungen unterschiedlicher Zunahmeraten unter *ceteris paribus* Bedingungen auf Stoffströme und Kosten in der Schweinemast

	700 g tgl. Zunahme	*600 g tgl. Zunahme*	*500 g tgl. Zunahme*	*Änderung von 700 auf 600 g in %*	*Änderung von 700 auf 500 g in %*
N-Soll (kg)	3779	3891	4055	3	7
C-Soll (kg)	18986	18445	17776	-3	-6
P-Soll (kg)	556	597	657	7	18
N-Ist (kg)	4756	4790	4779	1	0
C-Ist (kg)	34738	29480	21920	-15	-37
P-Ist (kg)	690	690	690	0	0
NH_3 (kg)	591	689	815	17	38
N_2O (kg)	227	227	227	0	0
CO_2 (kg)	109694	127145	152005	16	39
CH_4 (kg)	2333	2595	2964	11	27
CO_2-Äquiv.	196647	216980	245899	10	25
N-Rest (kg)	4270	4224	4109	-1	-4
C-Rest (kg)	33253	27800	19964	-16	-40
P-Rest (kg)	690	690	690	0	0
Ferkelkosten je LU (DM)	348	348	348	0	0
Futterkosten je LU (DM)	555	555	555	0	0
sonst. var. Kosten je LU (DM)	76	76	76	0	0
Stallkosten je LU (DM)	189	218	260	15	38
Güllebehandlungskosten je LU (DM)	0	0	0		
Gesamtkosten Mast je LU (DM)	1168	1197	1239	2	6
Schadenskosten je LU (DM)	64	72	83	2	4

* Soll = Minimumbedarf für Leistung

** Ist = Berechnete anfallende Stoffströme durch Management

(Rechenergebnisse mit SimSET, 11/96)

ad I b): Auswirkungen unterschiedlicher Aufstallungssysteme auf Emissionen und Kosten

Für den Maststall und Kammstall werden unter *ceteris paribus* Bedingungen keine unterschiedlichen Emissionen von dem Modell ausgewiesen. Die Stallkosten erhöhen sich jedoch um 4 bis 5 % und bewirken eine ein-prozentige Steigerung der gesamten Mastkosten. Das heißt, daß zwischen dem 4-reihigen Maststall und dem Kammstall (120 MPl) lediglich in Bezug auf die Kosten Unterschiede bestehen. Die Wahl des Maststalles, bei der Auswahl zwischen 4-reihigem Maststall und Kammstall ist somit zielneutral in Bezug auf eine Verringerung der Emissionen.

*ad II a) Auswirkungen unterschiedlicher Entmistungssysteme (Stauschwemmentmistung und Rohrentmistung)*Die Verwendung einer Rohrentmistung führt im Vergleich zur Stauschwemmentmistung zu einer deutlich niedrigeren Ammoniakemission (-37%). Die Menge an Kohlendioxid-Äquivalenten bleibt aber nahezu gleich (unter 1% Änderung). Die Stallkosten sinken um ca. fünf Prozent, sie wirken sich jedoch kaum auf die Gesamtkosten der Mast je LU (-1%) aus. Somit wird auch in diesem Szenario sowohl eine Verringerung der Emissionen (hier Ammoniak) als auch eine Verringerung der Mastkosten von SimSET berechnet.

ad II b) Auswirkungen von direkt emissionsbeeinflussenden Maßnahmen auf Emissionen und Kosten

Betrachtet man die Ergebnisse der Szenarienrechnungen der direkt emissionsbeeinflussenden Maßnahmen (Tab. 3), so zeigt sich, daß mit den oben beschriebenen Maßnahmen in erster Linie eine Verringerung der Ammoniakemmission erreicht wird. Der Umfang der errechneten Kohlendioxid-Äquivalente wird lediglich durch eine Güllebehälterabdeckung in der gewünschten Weise beeinflußt (- 9%). Die Verringerung der Ammoniakemission schwankt zwischen 13 % (Abdeckung des Güllebehälters) und 90 % (Ansäuerung der Gülle). Während sich jedoch die Güllebehälterabdeckung auf die Gesamtkosten der Mast kaum auswirkt (unter 1% Änderung) nehmen diese bei der Verwendung eines Biofilters um 19% und bei der Ansäuerung um 18 % zu. Somit besteht in diesen Fällen ein Zielkonflikt.

Tab. 3: Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmen auf Stoffströme und Kosten in der Schweinemast*
(Referenzsystem: Kammstall, 120 Mastplätze, 600 Tiere, Vollspalten-Stauschwemmentmistung, Trockenfütterung, Hochbehälter 12m Durchmesser, Pietrain x DL, 500 g tägliche Zunahme/Tier)

	Referenzsystem *ad)2 Phasen-Fütterung; b)Vollspalten; c)keine emissions-mindernden Maßnahmen*	*ad Ha) Teil-spalten-boden*	*in %*	*ad Hb1) Holzdeckel für Güllelager*	*in %*	*ad Hb2) Ansäuern von Gülle mit Salpeter-säure*	*in %*	*ad Hb3) Biofilter*	*in %*
N-Soll (in kg)	4055	4055	0	4055	0	4055	0	4055	0
C-Soll (in kg)	17776	17776	0	17776	0	17776	0	17776	0
P-Soll (in kg)	657	657	0	657	0	657	0	657	0
N-Ist (in kg)	4779	4779	0	4779	0	4779	0	4779	0
C-Ist (in kg)	21920	21920	0	21920	0	21920	0	21920	0
P-Ist (in kg)	690	690	0	690	0	690	0	690	0
NH_3 (in kg)	815	515	-37	706	-13	82	-90	468	-43
N_2O (in kg)	227	227	0	227	0	227	0	227	0
CO2 (in kg)	152005	152005	0	152005	0	152005	0	152005	0
CH_4 (in kg)	2964	2927	-1	2964	0	2964	0	2964	0

	Referenzsystem ad)2 Phasen-Fütterung; b)Vollspalten; c)keine emissions-mindernden Maßnahmen	ad IIa) Teil-spalten-boden	in %	ad IIb1) Holzdeckel für Güllelager	in %	ad IIb2) Ansäuern von Gülle mit Salpeter-säure	in %	ad IIb3) Biofilter	in %
Ferkelkosten je LU (in DM)	348	348	0	348	0	348	0	348	0
Futterkosten je LU (in DM)	555	555	0	555	0	555	0	555	0
sonst. var. Kosten je LU (in DM)	76	76	0	76	0	76	0	76	0
Stallkosten je LU (in DM)	260	246	-5	260	0	260	0	260	0
Güllebehandlungskosten je LU (in DM)	-	-		5,22		224		234	
Gesamtkosten Mast je LU (in DM)	1239	1225	-1	1244	0	1463	18	1473	19
Schadgaskosten je LU (in DM)*	83	71	-15	71	-15	62	-26	73	-12

4 Zusammenfassung

Das Anliegen von SimSET ist es, die stofflichen und ökonomischen Auswirkungen von Management und technischen Maßnahmen in der Tierhaltung darzustellen. Das Modell berücksichtigt bislang nur die Schweinemast von der Stallhaltung bis hin zur Güllelagerung. Derzeit wird der aktuelle Modellprototyp von einer Praxisinstitution der Validierung unterzogen. Es ist vorgesehen, das Modell sowohl in Hinsicht auf die Ergänzung der vorhandenen Produktionsverfahren (z.B. durch das Einbeziehen von Festmistverfahren), als auch in Bezug auf die Ausbringung der Gülle und die Einbeziehung anderer Tierarten zu erweitern.

Das Aufzeigen sowohl der Stoffströme als auch der ökonomischen Größen läßt vielfältige Rückschlüsse auf die Effizienz unterschiedlicher Maßnahmen zu.

Besonders vorteilhaft ist die große Flexibilität des Modells, die es ermöglicht, eine Vielzahl von Berechnungen mit geringem Zeitaufwand durchzuführen.

5 Literatur

BOOCH, G (1994): Object-oriented Analysis and Design with Applications. The Benjamin/Cummings Publishing Co., 2nd Ed., Redwood City, CA.

BERG, W. (1995): Bewertung von Verfahren der Nutztierhaltung im Hinblick auf ihre Schadstoffemissionen - Forschungsbericht - 1995/5, ATB, Potsdam-Bornim.

GARTUNG, J. (1994): Investitionsbedarf für Mastställe. ILB-Institutsbericht Nr. 92/93 FAL Braunschweig.

KTBL (1995): KTBL-Baukosten-Information MS 19-24. Kuratorium für Technik im Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt.

MAUL, C. & I. ACKERMANN (1996a): Ein Entscheidungsunterstützungsmodell (EUM) zur Quantifizierung von Kosten und Nutzen von Umweltschutzmaßnahmen in der Schweinemast. 17. GIL-Jahrestagung 18./20. September, Tagungsband, S.104-106, ISBN 3-9802919-7-9.

MAUL, C. & I. ACKERMANN. (1996b): An environment information system in animal husbandry as a tool of technology assessment. International Conference On Agricultural Engineering, Madrid 23/26 September, 1996, 96E-030.

MAUL, C. & B. KOCH (1996): An Information System To Assess Environmental Damages of Different Pig Production Systems and Emission Reduction Means. Conference On Engineering In Agriculture And Food Processing, University Of Queensland Gatton College, Australia, 24/27 November, paper No. SEAg 96/034.

QUANZ, G. (1996): Mündliche Auskunft. HLT Hessen Neu-Ulrichstein.

Einfluß der eiweißreduzierten Fütterung und der Häufigkeit der Rationsanpassung auf die Stalluftqualität und die Ammoniakemissionen in einem einstreulosen Kammstall für Mastschweine mit Flüssigfütterung.

VOLKER SIEMERS, CORD WEIDENHÖFER, HERMAN VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der
Georg-August-Universität-Göttingen, Fachgebiet Verfahrenstechnik, Driverstraße 22, 49377 Vechta.

1 Einführung

Die Forderung nach einer umweltverträglichen Tierproduktion hat einen wachsenden Einfluß auf die Entwicklung der deutschen Veredelungswirtschaft. Im Mittelpunkt der Diskussion stand lange Zeit die Nitratanreicherung des Grundwassers durch die Ausbringung der Wirtschaftsdünger. Erst Mitte der achziger Jahre wurde verstärkt der Einfluß der gasförmigen Stickstoffemissionen in Form von Ammoniak, sowohl durch die unmittelbare nasse und trockene Deposition, als auch nach chemischer Reaktion mit Schwefeldioxid (als Ammoniumsulfat) auf die Waldschäden und die Zerstörung der Gleichgewichte nährstoffarmer Ökosysteme erkannt.

In der Schweinemast werden bei konventioneller Fütterung über 60% des im Mischfutter verabreichten Proteins nicht für die Proteinsynthese genutzt, sondern über Harn und Kot ausgeschieden. Im Harn liegt der Stickstoff überwiegend als Ureum vor, das in der Gülle durch das Urease-Enzym katalytisch rasch zu Ammonium und Ammoniak umgesetzt wird. Die Stickstoffausscheidung im Harn kann durch Einsatz einer bedarfsorientierten Eiweißversorgung mittels Multiphasenfütterung und Ergänzung mit syntetischen Aminosäuren um etwa 35 % gesenkt werden. In welchem Umfang die Futterinhaltstoffe insbesondere Protein reduziert werden können, muß durch Feldstudien und in Pilotbetrieben, praxisnah untersucht werden. Vor diesem Hintergrund sind die Auswirkungen durch eine proteinreduzierte Fütterung auf die wirtschaftliche Situation der landwirtschaftlichen Betriebe zu beachten. Im Vordergrund stehen hierbei ökonomische Größen, die im wesentlichen durch die biologische Leistung der Tiere beeinflußt werden. Auch Fragestellungen hinsichtlich der Gülleverwertung, deren Rahmen durch die Düngemittelverordnung neu abgesteckt wurde, sind von großem Interesse.

2 Zielsetzung

Die Zielsetzung der vorgestellten Arbeit besteht im wesentlichen darin, daß Ammoniakemissionspotential in Abhängigkeit verschiedener Fütterungsstrategien zu quantifizieren. In einem Kammstall für Mastschweine mit Vollspaltenboden werden in vier identischen und vollständig abgetrennten Abteilen, entsprechend der nachfolgenden Fütterungsstrategien, die Ammoniakemissionen erfaßt:

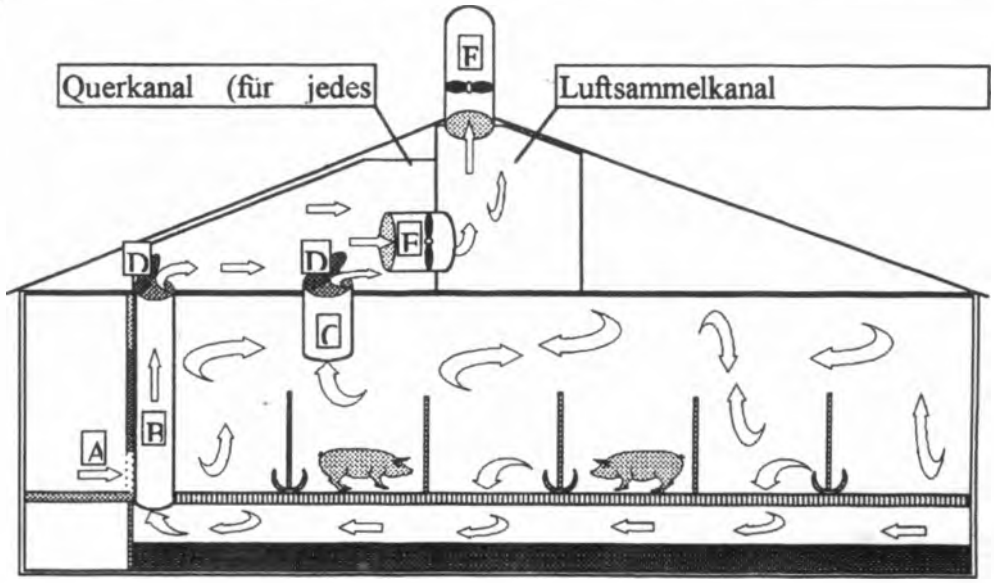
⇒ Konventionelle einphasige Fütterung ohne Phytase und Aminosäurezusatz,
⇒ zweiphasige Fütterung mit RAM- Futter in der Endmast,
⇒ Mehrphasenfütterung mit RAM-Futter in der Vormast, Mittelmast und Endmast,
⇒ Multiphasenfütterung mit täglicher Anpassung der Futterration.

3 Material und Methoden

3.1 Stallgebäude und Tiermaterial

In einem 1995 fertiggestellten Kammstall für 960 Mastschweine im Kreis Vechta werden vier verschiedene Fütterungsstrategien untersucht. Die Mastschweine befinden sich in acht Abteilen zu je 120 Mastplätzen. Vier Abteile sind mit der erforderlichen Meßtechnik zur Quantifizierung der Ammoniakemissionen ausgerüstet. In jedem Untersuchungsabteil befinden sich 12 Buchten, die eine Länge von je 3,5 m und eine Breite von je 2,5 m vorweisen. Pro Bucht werden 10 Tiere aufgestallt so daß ein Platzangebot von 0,87 m^2 pro Tier eingehalten werden kann. In jedem Abteil sind sechs Futtertröge (Quertröge) mit einer Länge von 3,3 m eingebaut, so daß für zwei Buchten jeweils ein Doppeltrog zur Verfügung steht. Unterhalb des Vollspaltenbodens befindet sich ein 0,8 m tiefer Flüssigmistkanal. Der Flüssigmistanfall eines Mastdurchganges wird hier zwischengelagert und am Ende eines jeden Mastdurchganges in das an den Stall angrenzende Hochsilo gepumpt. Das Tiermaterial stammt aus einem benachbartem Systemferkelbetrieb. In der Mutterlinie werden DL x Duroc-Sauen eingesetzt und mit Pietrain-Ebern angepaart . In den untersuchten Abteilen befinden sich nach Geschlechtern getrennt 50 % weibliche und 50 % männliche Tiere, die in jeweils sechs Buchten eingestallt sind.

Die Zwangslüftung in jedem Abteil basiert auf dem Unterdruckprinzip und verfügt über eine kombinierte Oberflur- und Unterflurabsaugung. Zur Verdeutlichung des Be- und Entlüftungssystems ist der mögliche Luftstrom eines Stallabteils in Abbildung 1 schematisch dargestellt.



A: Zuluft; B: Unterflurabsaugung; C: Oberflurabsaugung; D: Abluftsteuerklappen;

E: Meßventilator und NH_3-Meßpunkt; F: Abluftventilator

Abb. 1: Zu- und Abluftströme in einem Mastabteil

Die Frischluft bzw. Zuluft (A) gelangt über den Treibgang und die Türöffnungen (Türschlitz) in die Kontrollgänge der einzelnen Abteile. Die Stallabluft wird von vier Abluftventilatoren (F), die zentral im First angeordnet sind, mittels Unter- (B) und/oder Oberflurlüftung (C) abgesaugt und in die Atmosphäre geblasen. Der erforderliche Abluftvolumenstrom für jedes Abteil wird über die Stellung bzw. Öffnung der Abluftsteuerklappen (D) eingestellt.

Die Stellung der Steuerklappen sowie die Ventilatorleistungen werden über einen Klimacomputer thermostatisch gesteuert. Die Abluft eines jeden Abteiles strömt in einen Querkanal im Dachboden, der in den Luftsammelkanal mündet. Die vier Querkanäle sind vollständig von einander getrennt und sowohl mit einem Meßventilator (Meßturbine) als auch mit dem Luftsammelpunkt (Meßpunkt) zur Bestimmung der NH_3-Konzentration in der Stallabluft ausgerüstet.

3.2 Fütterung und Fütterungstechnik

Als Fütterungsanlage steht eine rechnergestützte Multiphasenflüssigfütterung der Firma Weda zur Verfügung. Der Weda-Fütterungscomputer bietet die Möglichkeit mehrere Rezepturen, die aus bis zu acht Komponenten bestehen können, im beliebigen Verhältnis zu kombinieren. Daraus ergibt sich eine fast stufenlose Umstellung von Vormast- auf Endmast- bzw Mittelmastfutter. Das Fütterungssystem ist in der nachfolgenden Abbildung 2 schematisch dargestellt.

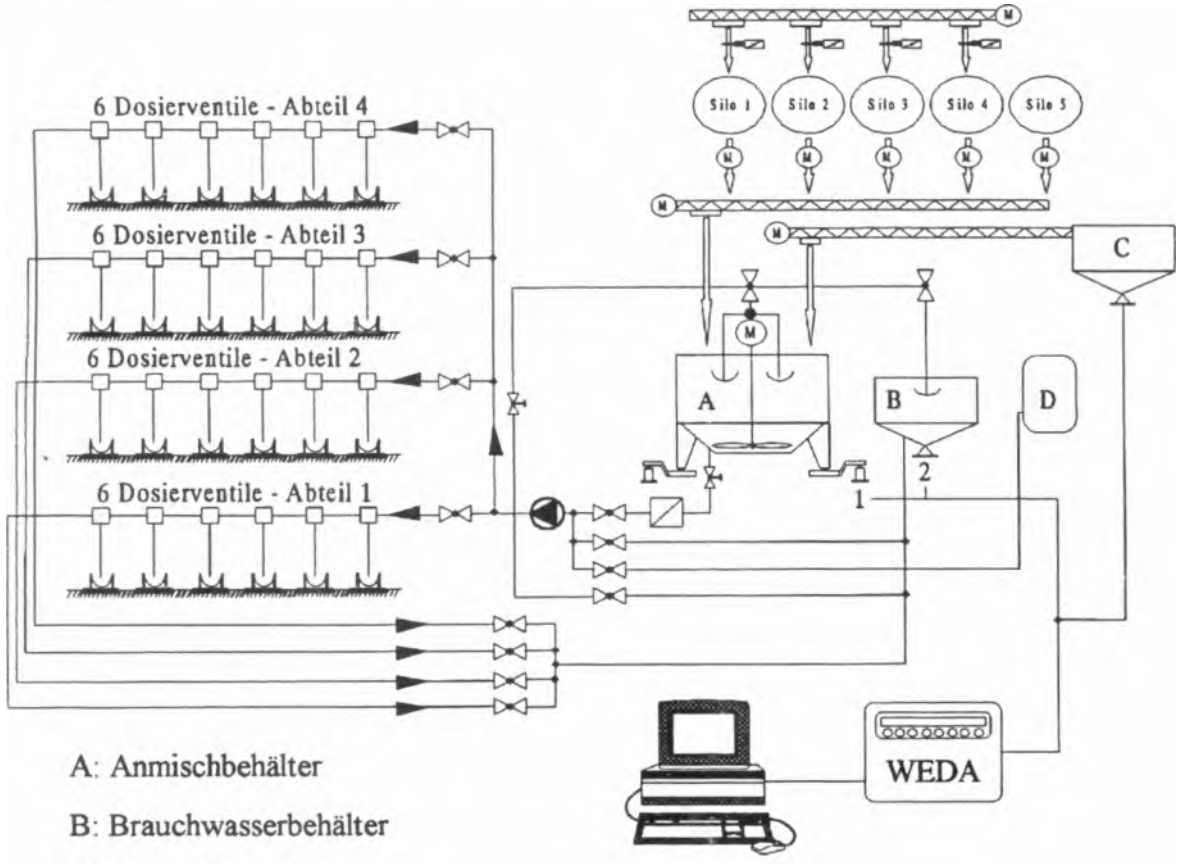


Abb. 2: Rechnergestützte Anmisch- und Fütterungsanlage im Untersuchungsbetrieb

Das Fütterungssystem selbst setzt sich aus einem Anmischbehälter (A), einer Ringrohrleitung mit Dosierventielen, einem Brauchwassersammelbehälter (B), einer Silage-Zwischenstation (C), fünf Futtersilos und dem Rechner KOMFORT M16 zusammen.

Bis zu einem Lebendgewicht der Tiere von ca. 60 kg wird in den Abteilen I bis IV ein Vormastfutter mit einem Rohproteingehalt von ca. 17,5 % eingesetzt. Ab diesem Gewicht beginnt die Endmast. Das Endmastfutter in Abteil I hat einen Rohproteingehalt von ca. 16,5 % und wird bis zum Mastende eingesetzt (Referenzsystem).

In den Abteilen II bis IV wird in der Endmast ein Rohprotein angepaßtes Mastfutter (RAM-Futter) mit einem Rohproteingehalt von ca. 14,5 % gefüttert. Dieses Futter wird in Abteil II bis zur Ausstallung der Tiere verwendet (Zweiphasen-Fütterung). In Abteil III wird der Rohproteingehalt des Futters wöchentlich an den Bedarf der Tiere angepaßt und bis auf ca. 14,5 % abgesenkt. Ab einem Lebendgewicht der Tiere von ca. 90 kg wird in diesem Abteil das Futter nochmals auf ein spezielles RAM-Endmastfutter mit ca. 12,5 % Rohprotein umgestellt (Mehrphasenfütterung). In Abteil IV wird eine Multiphasenfütterung durchgeführt mit einer täglichen Anpassung des Rohproteingehaltes an den Bedarf der Tiere. Nach der Vormastphase wird der Rohproteingehalt kontinuierlich bis auf ca. 12,5 % abgesenkt.

3.3 Untersuchungsparameter

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind alle Untersuchungsparameter zusammengefaßt, die über einen Mastdurchgang erfaßt werden.

Tab. 1: Untersuchungsparameter in den Abteilen I bis IV eines einstreulosen Kammstalles für die Schweinemast

		Abteil			
		I	II	III	IV
- Einstallgewicht der Tiere	[kg]	41,2	39,5	36,6	36,5
- Zahl der Tiere	[Stck.]	120	120	120	120
- Untersuchungsgegenstand		U 1	U 2	U 3	U 4
Fütterung (Vormast)		bis 60 kg einheitlich			
Untersuchungsparameter					
- Mastleistungsdaten		tägl. Zunahmen			
- Temperatur	[°C]	stündlich			
- rel. Luftfeuchte	[%]	stündlich			
- Abluftvolumenstrom	[m^3]	kontinuierlich			
- NH_3-N-Fracht		täglich (naßchemisch)			
- Flüssigmistzusammensetzung		nach jedem Mastdurchgang			
- Futtermittelzusammensetzung		wöchentlich			

- U 1: Konventionelle einphasige Fütterung ohne Phytase und Aminosäurezusatz
- U 2: zweiphasige Fütterung mit RAM- Futter in der Endmast
- U 3: Mehrphasenfütterung mit RAM-Futter in der Vormast, Mittelmast, Endmast
- U 4: Multiphasenfütterung mit täglicher Anpassung der Futterration

4 Ergebnisse

4.1 Luftvolumenstrom

Meßventilatoren zur kontinuierlichen Bestimmung des Abluftvolumenstromes der vier Untersuchungsabteile lassen sich ohne Probleme in zwangsbelüfteten Ställen einbauen. Der eingesetzte Meßventilator (Firma Multifan) besteht im wesentlichen aus einem Flügelrad, einer Radnarbe mit Leichtlaufkugellager und einem Impulssensor. Durch den Luftstrom der Abluft werden die 63 cm breiten Flügel (drei Stück) des Meßventilators in Rotation versetzt. Bei jeder Umdrehung gibt der Impulssensor ein oder mehrere Spannungssignale an das Frequenzmeßgerät (in diesem Falle ein in der Futterkammer aufgebauter PC mit Frequenzmeßkarte). Jeder der vier eingesetzten Meßventilatoren verfügt über eine Kalibrationskurve mit deren Hilfe die Impulse in die aktuellen Luftvolumenströme umgerechnet werden können. Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt den Verlauf der kontinuierlich erfaßten Luftvolumenströme eines Abteils über 11 Tage, in den Monaten September und Dezember 1996.

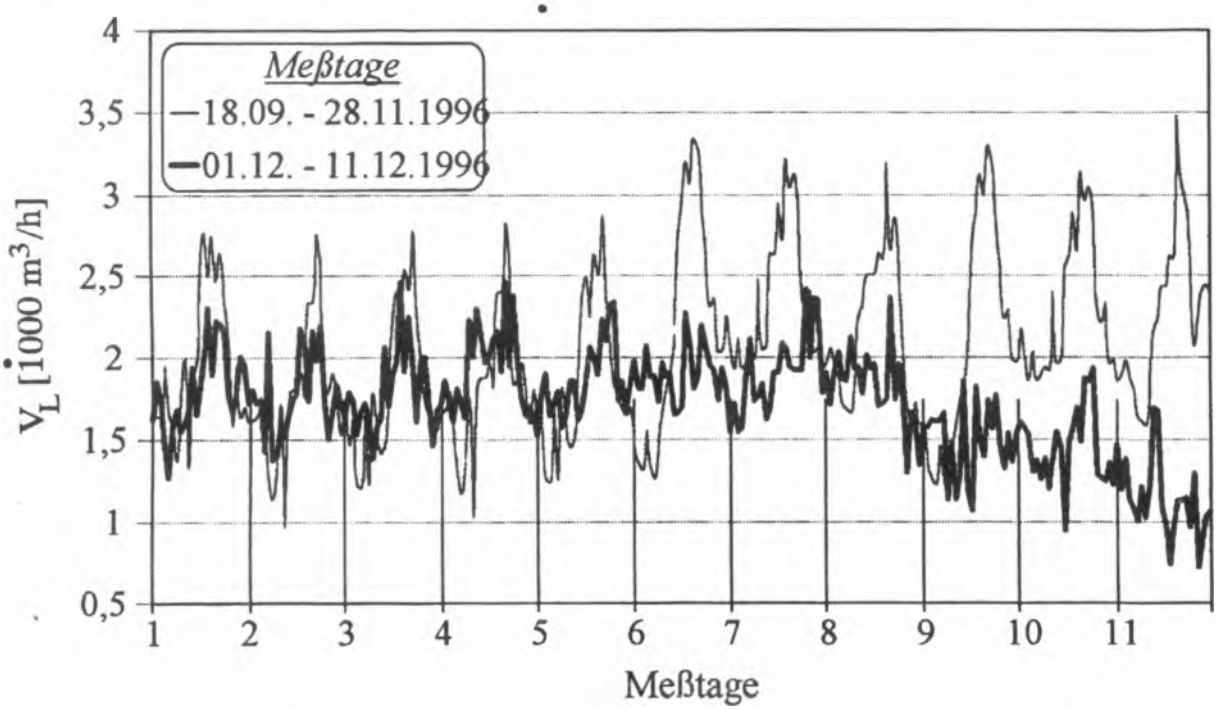


Abb. 3: Verlauf der Luftvolumenströme $\dot{V}_L$ eines Untersuchungsabteils in den Monaten September und Dezember 1996

Aus der Abbildung 3 ist ein deutlicher Tag-Nacht-Rythmus des Luftvolumenstromes im Monat September zu erkennen. Im Mittel werden stündlich 2.100 m³ Stalluft aus dem betroffenen Abteil abgeführt. Dieser Tag-Nacht-Rythmus des Luftvolumenstromes macht sich im Monat Dezember wegen der niedrigeren Außenlufttemperaturen nicht so deutlich bemerkbar. Im Durchschnitt liegt der Abluftvolumenstrom bei nur 1.700 m³/h und damit um fast 20 % unter dem durchschnittlichen Abluftvolumenstrom, der im Monat September ermittelt worden ist.

4.2 Einfluß der Fütterungsstrategie auf die Ammoniakemissionen

Zur Ermittlung der täglichen Ammoniakfrachten (g/Tag) aus den Abteilen I bis IV, wird jeweils über 24 Stunden aus dem Gesamt-Abluftvolumenstrom ein Liter Abluft pro Minute abgesaugt und durch eine Waschflasche gespült (SIEMERS, 1995). Das in der Abluft enthaltene Ammoniak wird in einer Waschflüssigkeit (0,005 M Schwefelsäure) als Ammoniumsulfat gebunden. Der in den Waschflaschen an die Schwefelsäure gebundene Ammoniak wird mit Hilfe der Indophenolblaureaktion (modifizierte Berthelot-Reaktion) quantitativ analysiert. Die Messung erfolgt als Endpunktbestimmung mit der Spectroquant-Test-Kombination 14752 (MERCK) mittels Photometer mit Durchflußküvetten im EPOS-Analyser. Die Ergebnisse werden in mg Ammonium-Stickstoff pro Liter Lösung angegeben. Zur Ermittlung der Ammoniakkonzentration pro Kubikmeter Stallabluft wird das Analysenergebnis mit folgender Formel umgerechnet.

$$A = (B \div (1000 \div (C - D))) \div E$$

$\Rightarrow$ A: NH_4-N Gehalt in [mg/m^3]

$\Rightarrow$ B: NH_4-N Gehalt in [mg/l]

$\Rightarrow$ C: Bruttogewicht der Waschflaschen in [g]

$\Rightarrow$ D: Taragewicht der Waschflaschen in [g]

$\Rightarrow$ E: Konstante [1,44 m^3]

In den Abbildungen 4 und 5 sind die Verläufe der Ammoniakkonzentrationen, der Abluftvolumenströme sowie die täglichen Ammoniakmassenströme der Abteile I und IV graphisch dargestellt. In Abteil I wurde eine konventionelle einphasige Fütterung ohne Phytase und Aminosäurezusatz, in Abteil IV eine Multiphasenfütterung mit täglicher Anpassung des Rohproteingehaltes an den Bedarf der Mastschweine durchgeführt.

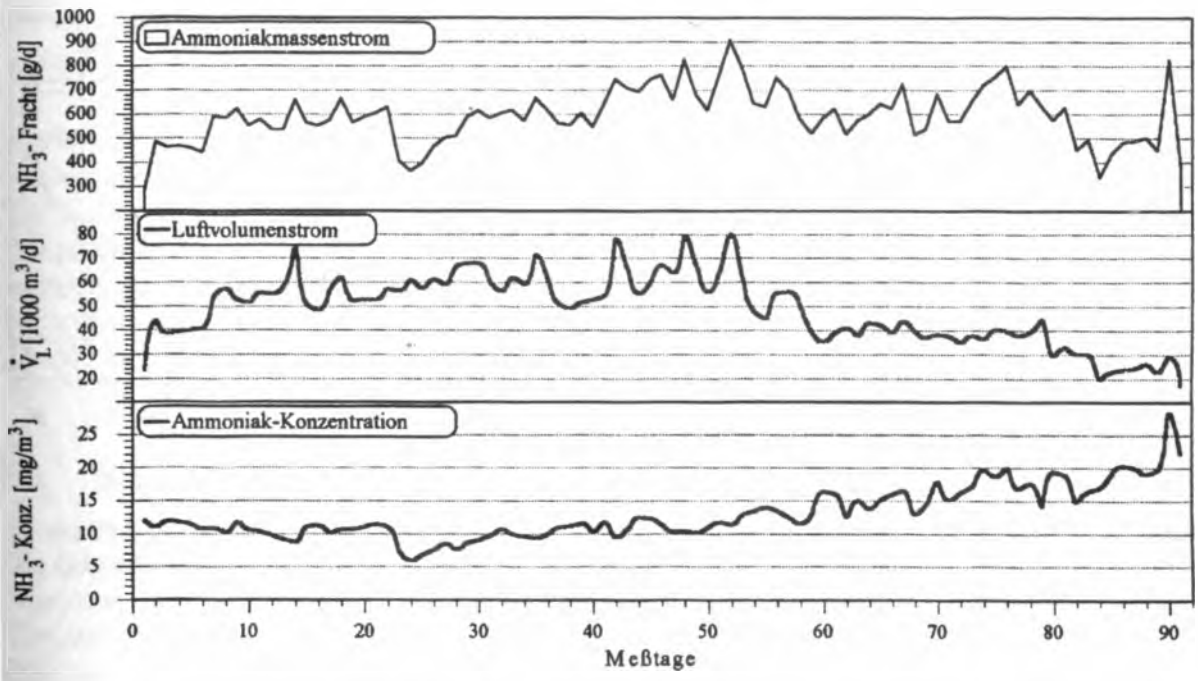


Abb. 4: Ammoniakkonzentration, Abluftvolumenstrom und Ammoniakmassenstrom im Abteil I mit konventioneller Fütterung (Referenzsystem) im Meßzeitraum vom 17.09 bis 16.12.1996

Die Abbildung 4 illustriert deutlich, daß es im Abteil I zu einem kontinuierlichen Anstieg der Ammoniakkonzentration pro Kubikmeter Stalluft im Verlauf des Mastzeitraumes kommt. Im Abteil IV dagegen ist nur ein geringfügiger Anstieg der Ammoniakkonzentrationen im Mastverlauf festzustellen (s. Abbildung 5). Die NH_3-Konzentrationen in Abteil I liegen bei durchschnittlich 13,10 mg/m^3 Stallabluft und haben ein Maximum von 28,40 mg/m^3 Stallabluft am 90. Masttag. In Abteil IV liegen die durchschnittlichen Ammoniakkonzentrationen nur bei 7,10 mg/m^3 Stallabluft und somit um 45 % unter den Ammoniakkonzentrationen, die in Abteil I ermittelt worden sind. Die maximale Ammoniakkonzentration in Abteil IV liegt bei 11,30 mg/m^3 Stallabluft.

Die täglichen Gesamtabluftvolumenströme der Abteile I und IV unterscheiden sich nicht wesentlich. Aus Abteil I werden täglich im Mittel 49.000 m^3, aus Abteil IV 51.000 m^3 Stalluft in die Atmosphäre gefördert.

Der tägliche Ammoniakmassenstrom liegt in Abteil I deutlich über dem Ammoniakmassenstrom des Abteils IV. Die durchschnittliche tägliche Ammoniakemission in Abteil I liegt bei 593 g/d, in Abteil IV nur bei ca. 358 g/d. Die Minderung der täglichen Ammoniakemissionen durch Einsatz einer bedarfsorientierten Rohproteinversorgung der Mastschweine mittels Multiphasenfütterung leigt bei knapp 40 %.

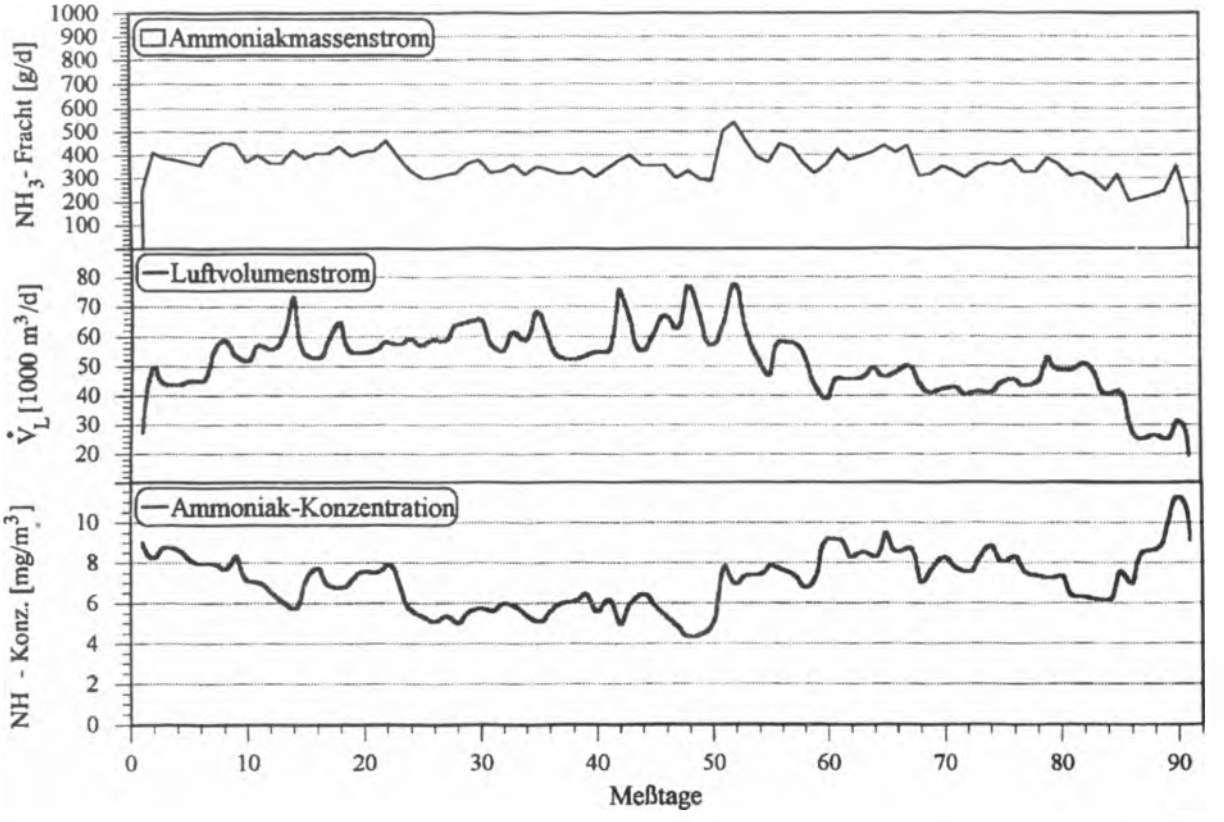


Abb. 5: Ammoniakkonzentration, Abluftvolumenstrom und Ammoniakmassenstrom im Abteil IV mit täglicher Anpassung des Rohproteingehaltes an den Bedarf der Tiere (Multiphasenfütterung) im Meßzeitraum vom 17.09 bis 16.12.1996

Um den Einfluß unterschiedlicher Fütterungsstrategien auf die Ammoniakemissionen deutlich zu machen sind in Abbildung 6 die Gesamtammoniakfrachten aus der Summe der täglichen Ammoniak-Frachten, die über den gesamten Untersuchungszeitraum aus den Abteilen I bis IV emittiert worden sind, dargestellt. Die dargestellte Gesamtfracht bezieht sich auf den Versuchszeitraum vom 17.09 bis 16.12.1996.

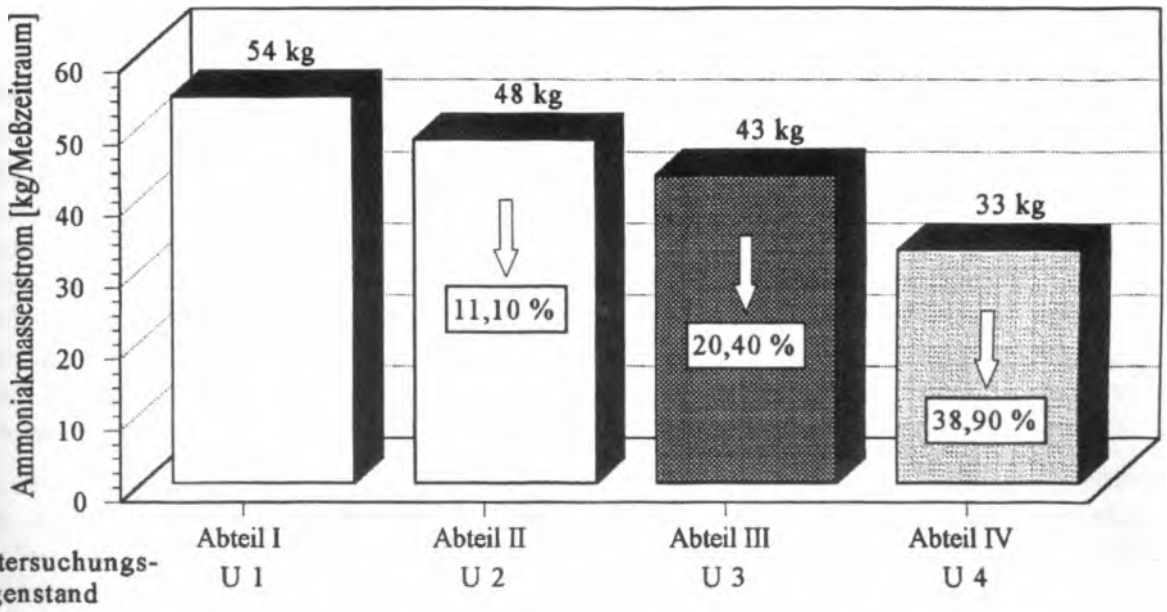


Abb. 6: Ammoniakmassenstrom in den Abteilen I bis IV über einen Meßzeitraum von 90 Tagen

Obwohl im Abteil II der Rohproteingehalt im Futter nur einmal reduziert wurde (17,5 % in der Vormast, ⇒ 14,5 % in der Endmast) konnte der Ammoniakmassenstrom aus diesem Abteil um 11,1 % im Vergleich zu Abteil I (17,5 % in der Vormast, ⇒ 16,0 % in der Endmast) reduziert werden (s. Abbildung 6). Eine noch deutlichere Ammoniakemissions-minderung konnte durch Einsatz einer Mehrphasenfütterung (Vormast 17,5 %, ⇒ Mittelmast 14,5 %, ⇒ Endmast 13,0 %), die in Abteil III durchgeführt wurde erzielt werden. Durch eine tägliche Anpassung des Rohproteingehaltes an den Bedarf der Mastschweine (Abteil IV) sind die geringsten Ammoniakmassenströme ermittelt worden. Der Ammoniakmassenstrom im gesamten Untersuchungszeitraum aus Abteil IV lag bei 33 kg für insgesamt 120 Mastschweine. Aus dem Abteil I emittierten 54 kg Ammoniak für insgesamt 120 Mastschweine.

5 Schlußfolgerung

Die Untersuchungsergebnisse zeigen deutlich, daß durch Einsatz einer proteinreduzierten Fütterung die Ammoniakmassenströme bei sonst identischen Rahmenbedingungen im Vergleich zu einer einphasigen Fütterung mit einem Rohproteingehalt von 16,5 % in der Endmast deutlich reduziert werden können. Beim Einsatz der Multiphasenfütterung mit täglicher Anpassung des Rohproteingehaltes an den Bedarf der Tiere sinken die Ammoniak-konzentrationen pro Kubikmeter Stalluft um 45 % im Vergleich zur konventionellen Fütterungsstrategie (Abteil I) am deutlichsten ab. Die Ammoniakmassenströme in Abteil IV

liegen immer unterhalb der Ammoniakmassenströme die aus Abteil I emittieren. Diese Ergebnisse gelten nur für den untersuchten Zeitraum von Mitte September bis Mitte Dezember. Ob derartige Minderungseffekte auch bei anderen meteorologischen Bedingungen auftreten bleibt zunächst offen.

6 Literaturverzeichnis

SIEMERS, V.; PFEIFFER, A.; LANGHOLZ, H.-J und H. VAN DEN WEGHE (1995):

Minderung der Ammoniak- und Geruchsemissionen in Schweineställen mittels Luftwäscher/Biofilterkombinationen. In: Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 2. Internationalen Tagung vom 14. und 15. März 1995, Potsdam-Bornim.

Der Einsatz eines gravimetrischen Meßgerätes zur kontinuierlichen Bestimmung der Schwebstaubkonzentration in Stallungen

DRIEMER, J. UND H. VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstraße 22, 49377 Vechta

1 Einleitung

Staub ist eine der wesentlichen Luftverunreinigungen landwirtschaftlichen Ursprungs. Das anhaltende Forschungsinteresse an Staub in Stallungen ist auf seine vielfältigen Effekte auf die Gesundheit von Mensch und Tier einerseits, wie auf die Produktivität andererseits zurückzuführen (WELCH, 1987). Die quantitative Erfassung der Schwebstaubkonzentration im Stall durch eine im Sinne der Aufgabenstellung repräsentative Probenahme bildet den Ausgangspunkt zur detaillierten Analyse des Staubes hinsichtlich seiner Herkunft, Wirkung und Eigenschaft als Partikelkollektiv sowie der dynamischen Veränderungen dieser Merkmale aufgrund verschiedener Einflußparameter.

Auf dem Weg zur gezielten Minimierung von Staubemissionen bzw. ihres Gefährdungspotentials ist das Lokalisieren und Identifizierung von Staubquellen unerläßlich; bei temporären Quellen kann auch die Entstehungsursache bzw. Entstehungshistorie von Interesse sein. Daraus ergibt sich dann eine notwendige Anpassung der Meßmethodik an die Komplexität der Aufgabenstellung. So ist z.B. die Erfassung von temporär auftretenden Staubquellen oder von zeitlichen Konzentrationsspitzen einer Quelle bei Verwendung integraler Meßmethoden, wie der konventionellen Filterwägung zumindest problematisch, wenn nicht sogar unmöglich. Die Lage verschlechtert sich weiter, wenn Meßaufgaben in Tierställen bei hoher zeitlicher Auflösung über mehrere Mastperioden wahrgenommen werden müssen. Kontinuierliche Meßmethoden zeichnen sich hier im Vergleich zu integralen Methoden durch einen erheblich geringeren personellen Aufwand vor, während und nach der Messung aus.

Im Bereich der kontinuierlichen Staubmessung haben sich radiometrische Meßverfahren (quasi-kontinuierlich) sowie optische Verfahren, die auf der Störung von Lichtwellen durch Partikel beruhen (Streulicht- und Extinktionsverfahren), bewährt. Allen ist gemeinsam, daß sie zur zuverlässigen Angabe der Massenkonzentration des Staubes mit Hilfe von gravimetrischen Referenzmessungen kalibriert werden müssen. Bei den optischen Meßverfahren ergibt sich die Notwendigkeit einer regelmäßigen Kalibrierung aus der Abhängigkeit der Messung von verschiedenen Einflußgrößen, die sich im Verlauf einer Messung mehr oder weniger stark ändern. Die Schwächung der Lichtstrahlintensität bei Extinktionsverfahren hängt beispielsweise von der Größe und Anzahlverteilung sowie den optischen Eigenschaften der Partikel ab und unterliegt gleichzeitig dem Einfluß der optischen Meßanordnung (LESCHONSKI, 1980).

Ein quasi-kontinuierliches gravimetrisches Schwebstaubmeßverfahren, mit dem die Staubmasse direkt und nahezu in Echtzeit bestimmt werden kann, ist das TEOM (*T*apered *E*lement *O*scillating *M*icrobalance)-Mikrowägungsprinzip (RUPPRECHT, 1993; PATASHNICK, H. AND E.G. RUPPRECHT, 1991). Mit diesem Verfahren steht eine Alternative zu den in VDI-Richtlinie 2463 (VDI, 1987) beschriebenen radiometrischen Meßverfahren zur Verfügung.

TEOM® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Rupprecht&Patashnick Co., Inc

2 Beschreibung des TEOM-Schwebstaubmeßgerätes

Das TEOM-Schwebstaubmeßgerät besteht aus zwei Hauptkomponenten: der Meßeinheit, die sich aus dem Probenahmesystem und dem Massenumformer zusammensetzt, und der Steuer- und Kontrolleinheit, bestehend aus einem Bedienterminal, einem Massendurchflußmesser sowie weiterer Steuer- und Kontrollelektronik. Die schwebstaubbeladene Probenluft wird während des Meßvorgangs durch eine Vakuumpumpe über das Probenahmesystem mit konstantem Volumenstrom angesaugt und zum Massenumformer, der TEOM-Meßeinheit weitergeleitet. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des TEOM-Meßprinzips (MLU, 1994).

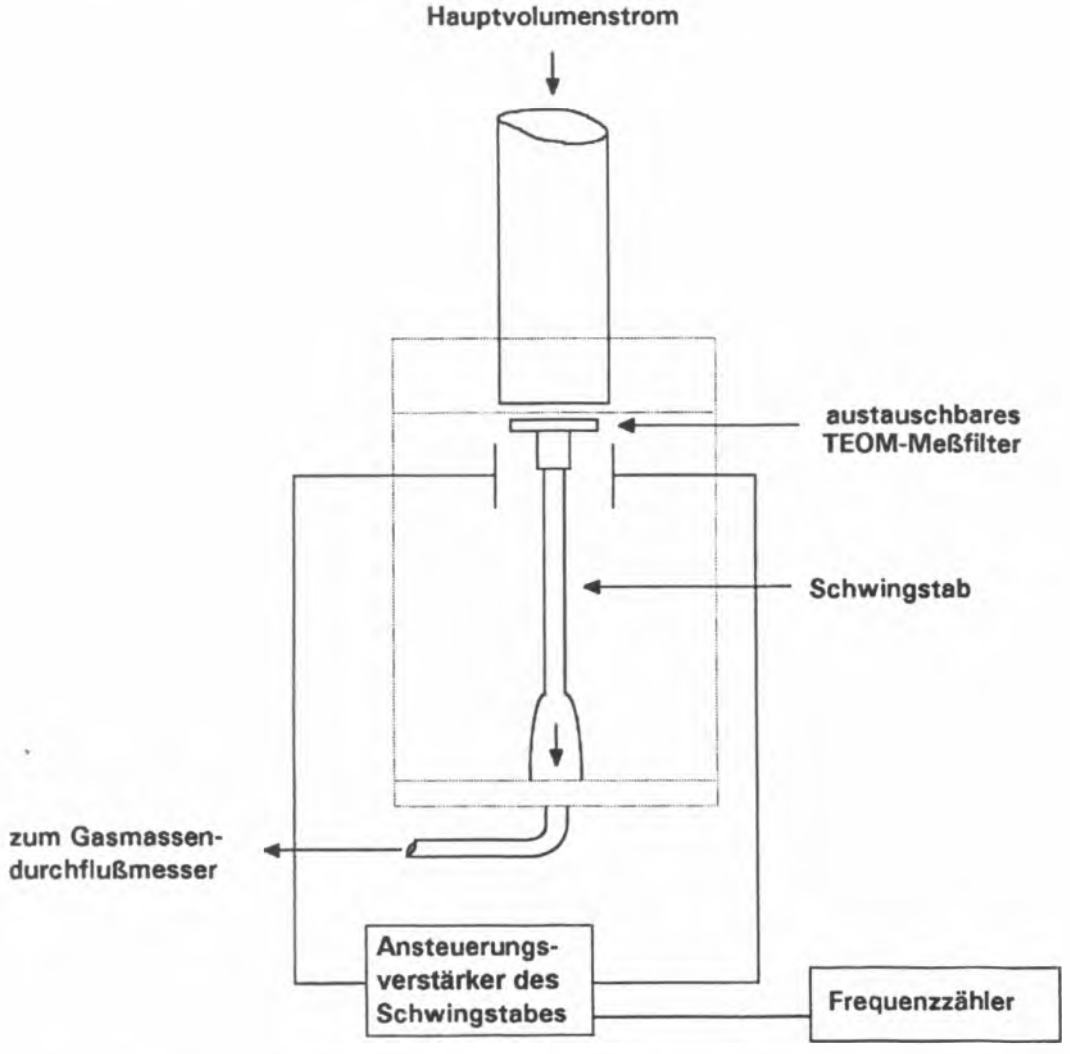


Abb. 1: Schematische Darstellung der TEOM (*T*apered *E*lement *O*scillating *M*icrobalance)-Mikrowägetechnik (MLU, 1994)

Der Massenumformer basiert auf einem konischen röhrenförmigen Schwingstab, der als Kernelement des Massenumformers an einem Ende befestigt ist, während das andere Ende frei schwingt. Das konische Rohr wird elektronisch in Schwingung gehalten. An der Spitze der frei

schwingenden Stabseite ist ein Meßfilter angebracht, dessen Beaufschlagung mit Staub die Frequenz des Schwingsystems ändert.

Diese Schwingungsfrequenz wird alle zwei Sekunden mit einen Frequenzzähler bestimmt und durch einen nachgeschalteten Rechner ausgewertet. Über eine Kalibrierkonstante wird die Frequenzänderung in Beziehung gesetzt zur Massenänderung auf dem Filter.

Der Schwingstab mit dem aufgesetzten Filter kann als einfacher harmonischer Oszillator angesehen werden. Der Zusammenhang zwischen der gemessenen Schwingfrequenz f und der wirksamen Masse m wird dann durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}, \tag{1}$$

wobei k als elastische Konstante oder Federkonstante bezeichnet wird. Mit

$$K_0 = \frac{k}{4\pi^2} \tag{2}$$

erhält man in Verbindung mit Gleichung (1) die Beziehung

$$f^2 = \frac{K_0}{m} \tag{3}$$

zwischen Schwingfrequenz und Masse des gesamten Schwingsystems. K_0 bezeichnet hier die gerätespezifische Kalibrierkonstante.

Die auf dem Meßfilter abgeschiedene Staubmasse Δm, die eine Frequenzänderung des Schwingsystems von f_0 auf f_1 hervorruft, läßt sich wie folgt berechnen:

$$\Delta m = K_0 \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_0^2} \right). \tag{4}$$

Der Durchfluß durch das Meßfilter wird mit einem Massenstromregler auf einem einstellbaren Niveau konstant gehalten, so daß aus der Massenänderung auf dem Filter nach Gleichung (4) die Massenkonzentration berechnet werden kann, deren Ausgabe in $\mu g/m^3$ erfolgt.

Die Überprüfung der Kalibrierkonstanten K_0 des TEOM-Sensors kann durch den Anwender selbst erfolgen, gegebenenfalls kann auch eine Neukalibrierung vorgenommen werden. Dazu wird die Schwingfrequenz des Sensors vor und nach der Beaufschlagung mit einer bekannten Masse Δm - dies ist im einfachsten Fall ein sorgfältig gewogenes Meßfilter - mit einigen Wiederholungen gemessen. Nach Umformung von Gleichung (4) nach K_0 läßt sich die Kalibrierkonstante berechnen (PATASHNICK UND RUPPRECHT, 1991).

Verfeinerte Methoden der Kalibrierung des TEOM-Sensors, die im Vergleich zu dem oben angegebenen Verfahren eine mögliche Verschiebung des Massenschwerpunktes berücksichtigen bzw. den realen Bedingungen während einer Messung näherkommen, ergeben eine größere Kalibriergenauigkeit und bestätigen auch die Anwendbarkeit der einfachen Kalibriermethode (HORODECKI UND FIßAN, 1996).

Die Nachweisgrenze des TEOM-Staubmeßgerätes beträgt nach Herstellerangaben bei der Berechnung von 3-min-Mittelwerten weniger als 5 $\mu g/m^3$. Der Meßbereich wird mit 5 $\mu g/m^3$ bis 50 mg/m^3 angegeben. Bei Messungen am oberen Meßbereichsende kann zur Vermeidung geringerer Filterstandzeiten der Durchfluß reduziert werden. Mit der Volumenstromabsenkung auf ein Drittel wird z.B. eine neunfache Erhöhung der Filterstandzeit erzielt.

Das TEOM-Staubmeßgerät wurde zur Überwachung der Schwebstaubkonzentration in der Umgebungsluft konzipiert. In der Praxis erfolgt der Einsatz in Immissionsmeßnetzen. Dem Probenahmesystem des Meßgerätes können verschiedene Vorabscheider vorgeschaltet werden je nachdem, ob der gesamte einatembare Staub (TSP-Probenahmekopf) oder lediglich ein Feinstaubanteil, z.B. derjenige „thorakale" Massenanteil, der über den Kehlkopf hinaus vordringt (Probenahmekopf PM-10), bestimmt werden soll (vgl. DIN EN 481, 1993).

Weitere Verwendung findet der TEOM-Sensor bei der Entwicklung von Standard-Verfahren für die Schwebstaubmassenbestimmung (FIßAN UND HORODECKI, 1996).

3 Zum Einsatz des TEOM-Schwebstaubmeßgerätes in Nutztierställen

Schwebstaubmessungen sind in zwei Versuchsställen für Mastschweine und verschiedenen Broiler-Ställen im Praxismaßstab durchgeführt worden. In allen Fällen wurde mit einem TSP-Probenahmekopf zur Bestimmung des gesamten Schwebstaubes gearbeitet. Das Staubmeßgerät wurde so eingestellt, daß alle 5 Minuten bzw. halbstündig 5-Minuten-Mittelwerte aufgezeichnet wurden. Die Aufstellung des Gerätes erfolgte in den Broiler-Ställen zentral, in den Versuchsställen aus baulichen Gründen zumindest an gut belüfteten Orten. Die Aufstellungshöhe betrug immer 1,75 m gemessen vom Boden bis zum Probenahmekopf. Um Kondensation in Schlauchleitungen und Filtern auszuschließen, wurde auch die Kontroll- und Auswerteeinheit des TEOM in den untersuchten Ställen untergebracht. Aktivitäten im Stall, die vom Betreuungspersonal oder von Maschinen in den Ställen ausgingen, wurden in ihrem Zeitpunkt und ihrer Zeitdauer festgehalten, um tageszeitabhängige und fremdinduzierte Belastungsspitzen aufzeigen zu können.

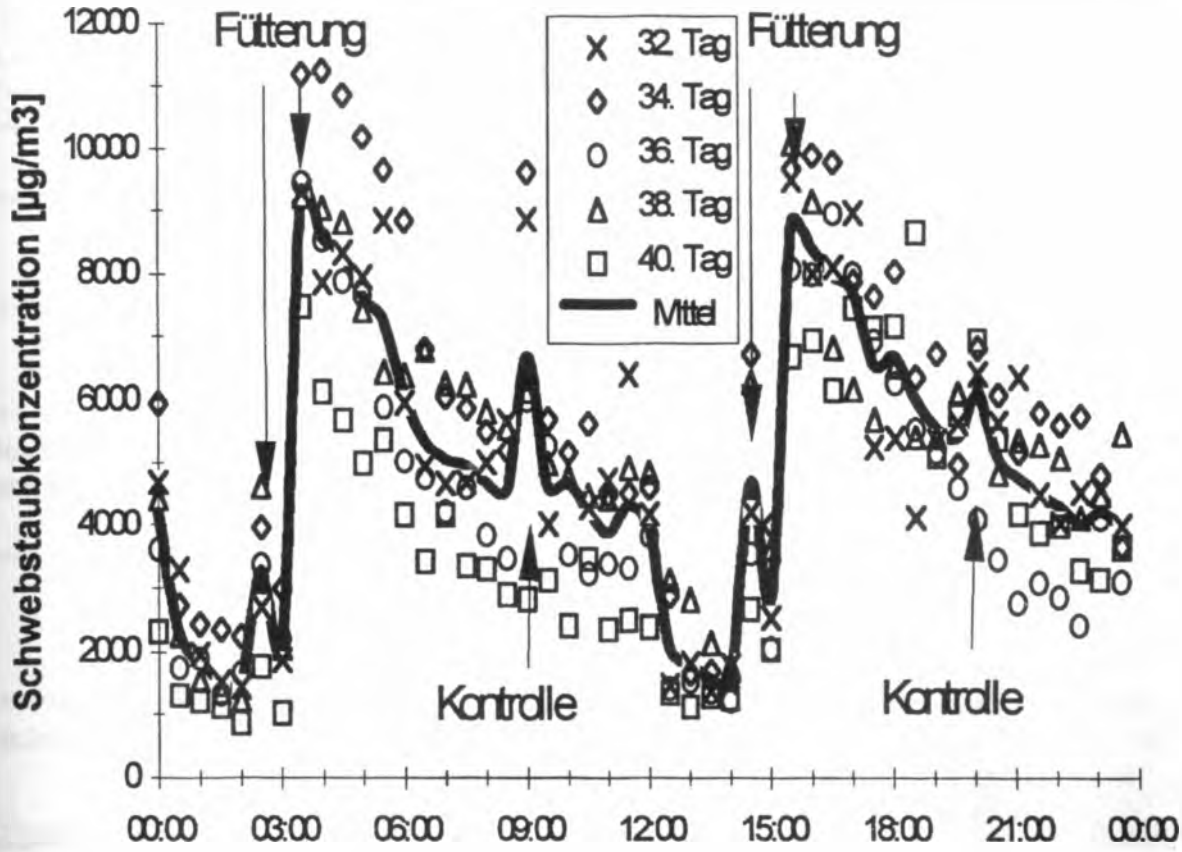


Abb. 2: Exemplarische Darstellung des tageszeitlichen Verlaufs der Schwebstaubkonzentration in einem Masthähnchenstall mit eingetragenen Fütterungs- und Kontrollzeiten

Für einen Broiler-Stall sind in Abbildung 2 exemplarisch fünf Tagesverläufe der Schwebstaubkonzentration dargestellt. Fütterungszeiten und Zeiten, zu denen Kontrollgänge durchgeführt wurden, sind durch Pfeile markiert. Die durchgezogene Linie zeigt die für jede Tageszeit gemittelten Meßwerte. Die festen Zeiten bei der Futtervorlage bzw. bei Durchführung der Kontrollgänge durch den Stall führen dazu, daß sich trotz der Individualität der Ereignisse an jedem einzelnen Tag nach Mittelung der Schwebstaubkonzentration über fünf Tage ein typischer Verlauf ergibt, der lediglich durch die wiederkehrenden Hauptereignisse gekennzeichnet ist. Die protokollierten Ereignisse an den betrachteten Tagen sind zum Vergleich in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Auszug aus dem Ereignisprotokoll des betrachteten Masthähnchenstalles

	Ereignisse		
Masttag	Futtervorlage	Kontrollgang	Sonstiges
32	2^{00} - 2^{30} Uhr, 3^{00} - 4^{45} Uhr und 14^{00} - 16^{15} Uhr	8^{00} und 18^{30} Uhr	-
34	2^{00} - 2^{30} Uhr, 3^{00} - 5^{00} Uhr und 14^{00} - 16^{00} Uhr	8^{30} und 19^{15} Uhr	-
36	2^{00} - 2^{30} Uhr, 3^{00} - 4^{30} Uhr und 14^{00} - 17^{00} Uhr	8^{30} Uhr	22^{30}-0^{30} Uhr: 7176 Broiler ausgestallt, Licht war aus
38	2^{00} - 2^{30} Uhr, 3^{00} - 3^{50} Uhr, 14^{00} - 15^{45} Uhr, 19^{00} Uhr	8^{30} und 19^{00}Uhr	-
40	2^{00} - 2^{30} Uhr, 3^{00} - 4^{45} Uhr, 6^{30} - 7^{10} und 14^{00} - 17^{30}Uhr	8^{30} und 19^{00} Uhr	Mischlüfter ausgeschaltet

Die erhaltenen Daten können im betrachteten Zeitabschnitt nicht signifikant mit dem Alter der Tiere korreliert werden. Auffällig ist der lange Zeitraum, der für das Abklingen der Schwebstaubkonzentrationsspitzen benötigt wird. Nach dem sprunghaften Anstieg der Konzentration zu Beginn der Fütterung ist er tägliche Konzentrationsverlauf durch eine lang anhaltenden Belastung der Stalluft gekennzeichnet.

Bezieht man die maximale Staubkonzentration eines jeden Tages, gemessen zu Zeiten der Fütterung, auf die am jeweiligen Tage niedrigste gemessene Staubkonzentration, dann ergibt sich für den betrachteten Zeitraum der in Abbildung 3 dargestellte Verlauf.

Demnach steigt die Schwebstaubkonzentration unmittelbar nach der Fütterung auf das Siebenbis Zehnfache des Minimalwertes an. Das Konzentrationsverhältnis nimmt offenbar mit fortschreitender Mastdauer zu. Bei den absoluten minimalen und maximalen Schwebstaubkonzentrationen ist hingegen kein tendenzieller Anstieg zu verzeichnen.

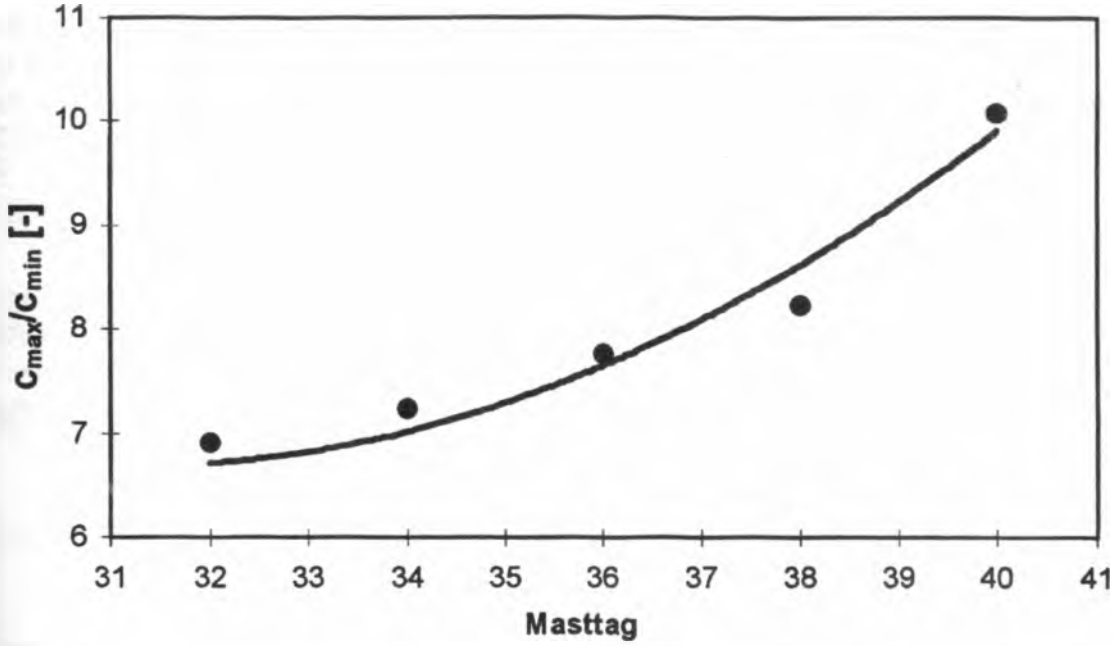


Abb. 3: Veränderung des Verhältnisses von maximaler zu minimaler Schwebstaubkonzentration in einem Broiler-Stall mit zunehmender Mastdauer

Schwebstaubmessungen in Versuchsställen für Mastschweine ergeben im Vergleich zu Broiler-Ställen einen grundsätzlich anderen tageszeitlichen Verlauf. In Abbildung 4 ist der Verlauf am Beispiel zweier Tage für zwei verschiedene Stalltypen dargestellt.

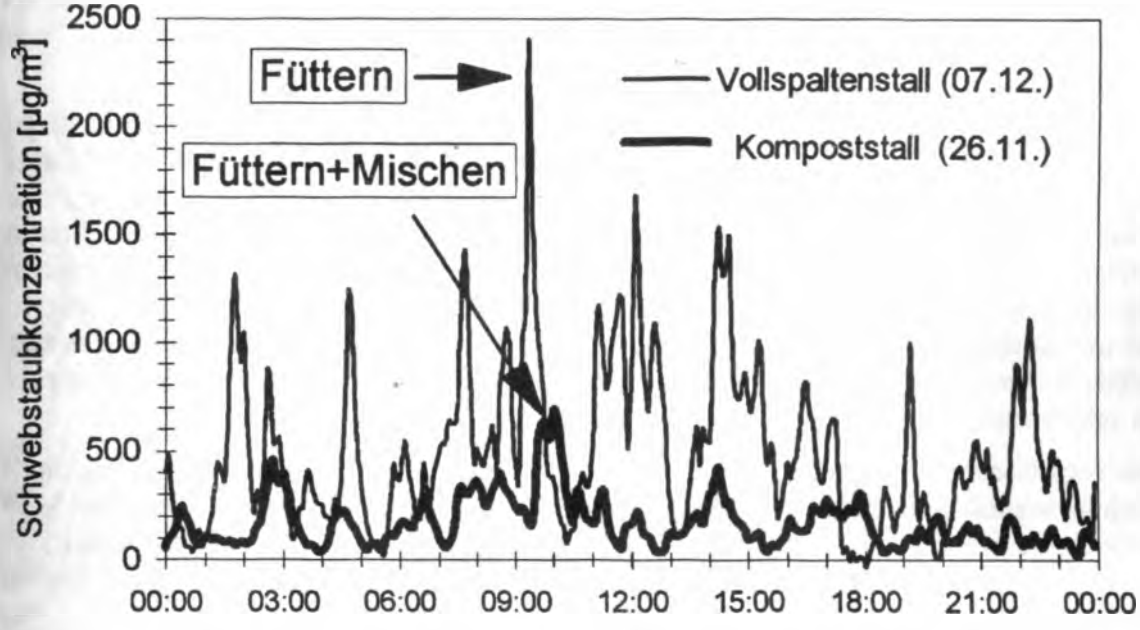


Abb. 4: Typischer tageszeitlicher Verlauf der Schwebstaubkonzentration in zwei Versuchsställen für Mastschweine: einem Vollspaltenstall mit 12 und einem Kompoststall mit 24 Tieren

Für beide Ställe wurde die Fütterungszeit als Hauptereignis durch einen Pfeil markiert. In dem Kompoststall wurde unmittelbar nach dem Füttern eine automatische Mischeinrichtung für den Kompost in Betrieb genommen. Die Konzentrationsverläufe in beiden Ställen sind durch eine Vielzahl an Peaks und Plateaus gekennzeichnet, ohne daß diese bestimmten Ereignissen zugeordnet werden könnten. Das Füttern der Tiere bzw. das Durchmischen des Kompostes ist, wie Abbildung 4 zeigt, dennoch zeitlich mit den gemessenen Konzentrationsmaxima in Einklang zu bringen.

Der Vollspaltenstall weist trotz der geringeren Tieranzahl (12 im Vergleich zu 24 Tieren in dem Kompoststall) das deutlich höhere Konzentrationsniveau auf. Dies kann jedoch aufgrund der unterschiedlichen Stallvolumina und Stallgeometrie sowie der sich daraus ergebenden Kompromisse bei der Wahl des Aufstellungsortes für das Meßgerät nicht als signifikant angesehen werden.

4 Schlußfolgerungen

Die kontinuierliche Messung der Schwebstaubkonzentration in Nutztierställen kann mit Geräten, die auf dem TEOM-Meßprinzip basieren, durchgeführt werden. Eine Kalibrierung, wie sie bei optischen Verfahren durchgeführt werden muß, ist hinfällig.

Der Aufstellungsort des Gerätes ist sorgfältig zu wählen. Im Gegensatz zu Mastschweineställe kann die Aufstellung des TEOM-Meßgerätes in Broiler-Ställen auch im mittelbaren Wirkungsbereich der Tiere erfolgen.

Messungen der Gesamtstaubkonzentration in einem Broiler-Stall und Versuchsställen für Mastschweine haben gezeigt, daß der tageszeitliche Verlauf der Staubkonzentration im Broiler-Stall sehr viel stärker vom Hauptereignis der Fütterung geprägt ist als in den Schweineställen, bei denen die Konzentrationsverläufe zahlreiche ausgeprägte Peaks aufweisen. Im Broiler-Stall wurde Mehlfutter, in den Versuchsställen für Mastschweine dagegen pelletiertes Futter eingesetzt.

Die Staubkonzentration im Broiler-Stall weist unmittelbar nach der Fütterung Spitzenwerte von mehr als 10 µg/m3 auf und erreicht erst nach 8-10 Stunden wieder ein niedriges Niveau. Kontrollgänge durch den Stall führen auch zu einem Anstieg der Schwebstaubkonzentration. Zur Vermeidung der Belastungsspitzen könnten Kontrollgänge zeitlich nah vor der Fütterung eingeplant werden. Weiterhin sollte über Möglichkeiten der Vermeidung von Staubentstehung nachgedacht werden. Dazu wäre es hilfreich, zu wissen, in welchem Maße die Entstehung von Staub unmittelbar auf die Fütterung(stechnik) oder nur mittelbar über die dadurch induzierte Tieraktivität beim Fressen zurückzuführen ist. Die Schwebstaubmessung allein liefert darüber keine Informationen, sondern muß vielmehr um eine Staubanalyse ergänzt werden.

Neben verschiedenen Vorgängen und Ereignissen, die über ihren Einfluß auf die Tieraktivität die Schwebstaubkonzentration beeinflussen, sind weitere Einflußfaktoren bekannt. Für Mastschweineställe werden mit abnehmender Einflußintensität genannt: die Stalltemperatur, die relative Luftfeuchte, die Futtermenge, die Art der Fütterung, das Tiergewicht und der Luftvolumenstrom (HONEY UND MCQUITTY, 1979).

In Mastschweineställen gelingt die ursächliche Zuordnung von Konzentrationsspitzen offenbar nur in Verbindung mit einer Beobachtung von Bewegungen der Einzeltiere. Aktivitäten, die den Tieren von außen aufgeprägt werden, sind sonst in ihrer Wirkung auf die Staubentstehung im Stall nicht von selbstinduzierter Gruppenaktivität zu unterscheiden.

5 Literatur

DIN EN 481 (1993): Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel. Beuth-Verlag, Berlin.

FIßAN, H. UND J. HORODECKI (1996): Einfluß der Temperatur auf die Schwebstaubmassenbestimmung. In: VDI-Berichte Nr. 1257, S. 291-307. VDI-Verlag, Düsseldorf.

HONEY, L.F. AND J.B. MCQUITTY (1979): Some physical factors affecting dust concentrations in a pig facility. *Can. Agric Eng.* **21**, 9-14.

HORODECKI, J. UND H. FIßAN (1996): Vergleich unterschiedlicher Kalibriermethoden für den Sensor eines TEOM-Meßgerätes. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* **56**, S. 5-10.

LESCHONSKI, K. (1980): Messung von Partikel- und Porengrößenverteilungen sowie von spezifischen Oberflächen. In: Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie, 4. Aufl., Bd.5, S. 725. Weinheim, Verlag Chemie.

MLU (1994): TEOM 1400a Schwebstaubmeßgerät - Ein MLU Bedienungshandbuch. MLU, Mödling, Österreich.

PATASHNICK, H. AND E.G. RUPPRECHT (1991): Continuous PM-10 measurements using the tapered element oscillating microbalance. *J. Air Waste Manage. Assoc.* **41**, 1079-1083.

RUPPRECHT, E. (1993): Massenbestimmung mit Schwingsystemen in Echtzeit-Schwebstaubmeßsystemen. In: VDI-Berichte Nr. 1059, S. 121-124. VDI-Verlag, Düsseldorf.

VDI (1987): VDI-Richtlinie 2463 Bl. 5 u. 6. Messen von Partikeln in der Außenluft / Messen der Massenkonzentration in der Außenluft (Immission). Beuth-Verlag, Berlin.

WELCH, A.R. (1987): Dust in animal houses - sources and measurements. In: Environmental Aspects of Respiratory Disease in Intensive Pig and Poultry Houses, Including the Implications of Human Health, 81-89. Ed.: J.M. Bruce and M. Somner, Commission of the European Communities, Luxembourg.

Bewertung der Staubbelastung in verschiedenen Pferdeställen

JAGGY, UTE[1]; H. SEUFERT[1]; J. HARTUNG[2]

[1] Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität in Giessen, Braugasse 7, 35390 Giessen

[2] Institut für Tierhygiene und Tierschutz der Tierärztlichen Hochschule Hannover, Bünteweg 17 p, 30559 Hannover

1. Einleitung

Der Wandel vom Arbeitstier zum Sportkameraden und Sozialpartner ist für das Pferd mit einem Stallaufenthalt von durchschnittlich 23,3 Stunden verbunden (RODEWALD 1989). Dementsprechend können sich unzureichende Stallbedingungen deutlich auf die Gesundheit der Pferde auswirken. Von besonderer Bedeutung in diesem Zusammenhang sind Erkrankungen der Atemwege, die bereits im 18. Jahrhundert mit schlechter Stalluft insbesondere mit Heustaub in Verbindung gebracht wurden (BUSCHENDORF 1797, HERING 1844). Die Problematik der Atemwegserkrankungen stellt sich anhand von Statistiken wie folgt dar: Bei näherer Betrachtung des Patientengutes von Tierkliniken leiden 35,9 % der behandelten Pferde an Erkrankungen des Bewegungsapparates, 10,3 % an Koliken und fast ebenso viele, nämlich 10,2 % an Atemwegserkrankungen (VELTJENS 1987). Nach den Versicherungsstatistiken stellen Erkrankungen der Atemwege mit 15 % die zweithäufigste Abgangsursache dar (VEREINIGTE TIERVERSICHERUNGEN 1980-1983). Am Schlachthof München standen die Atemwegserkrankungen mit 25 % sogar an erster Stelle der Abgangsursachen (BUTLER u. ARMBRUSTER 1984). Die Entstehung chronischer Atemwegserkrankungen ist multifaktoriell bedingt. Als bedeutendster initialer Faktor wird eine akute virale Infektion angesehen (GERBER 1980, 1994). In der Regel handelt es sich dabei um eine Virus-Influenza, die in Besitzerkreisen auch als „Pferdegrippe" bezeichnet wird und sich in einer bestandsweise auftretenden, akuten Bronchitis äußert. Während dieses akuten Krankheitsgeschehens sind die Abwehrfunktionen der Lunge beeinträchtigt, so daß der ständige Kontakt mit Allergenen in der Stalluft zu einer Sensibilisierung der Atemwege führen kann. Insbesondere Sporen von Schimmelpilzen und Aktinomyceten, welche aus dem eingestreuten Stroh und vor allem aus dem gefütterten Heu stammen, kann eine allergenisierende Wirkung nachgewiesen werden. Somit spielen diese Sporen nicht nur für die Entstehung, sondern auch für das ständige Wiederaufflammen einer chronisch obstruktiven Bronchitis eine entscheidende Rolle. In Jahren mit schlechten Bedingungen zur Heuernte ist die Erkrankung auffällig häufiger zu finden (GERBER 1994).

Die vorliegende Arbeit wurde als Dissertation im Rahmen des Pilotprojektes „Artgemäße Pferdehaltung in Hessen" angefertigt, welches im Auftrag des Hessischen Ministeriums des Inneren und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz am Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität in Giessen durchgeführt wurde. Unter Praxisbedingungen wurde die Wirkung des Stallstaubes, insbesondere des Heustaubes auf die Lungengesundheit von Pferden untersucht. Die Messungen des Stallklimas erfolgten innerhalb einer Pensionspferdehaltung jeweils zur gleichen Zeit in zwei Boxen eines konventionellen Innenboxenstalles und einer Außenbox, die zu anderen Boxen hin völlig isoliert war.

2. Material und Methode

Mit Verfahren der Sedimentation, der Filtration und der Impaktion wird der luftgetragene Staub vergleichend in zwei Innenboxen und einer Außenbox ermittelt. Der Meßzeitraum erstreckte sich über vier Wintermonate, unterteilt in vierwöchige Phase mit abwechselnder Fütterung von trockenem und nassem Heu. Zum Einweichen wurde das Heu in einem speziell dafür gefertigter Heuwagen etwa 12 Stunden vor der Fütterung vollständig mit Wasser bedeckt, welches kurz vor der Fütterung abgelassen wurde. Zur Fütterung und zum Einstreuen wurden nur Heu- und Strohballen verwendet, die nach dem DLG-Schlüssel als gut zu beurteilen waren. Die anfallenden Tätigkeiten im Stall wurden von der selben Person über den gesamten Meßzeitraum mit gleichbleibender Sorgfalt durchgeführt.

2.1 Bauweise der beiden Aufstallungsformen

Die Innenboxen befinden sich in einem der Reithalle angeschleppten einreihigen Boxenstall, wobei eine Wandhöhe der Reithallenhöhe entspricht, die andere der Boxenhöhe mit ca. 3 m. Die Fläche der Innenboxen beträgt 10,5 m^2 und zur Lüftung dient ein 1 x 1 m großes Fenster (Abb.1*)*. Abbildung 2 zeigt die Mehrraum-Auslaufbox nach PIOTROWSKI (1984). Diese Art der Außenbox ist vollständig zu anderen Boxen hin abgegrenzt und hat eine Grundfläche von 12,25 m^2. Es besteht eine Unterteilung in eine Ruhebox mit einer Liegefläche von 9,5 m^2 und einem 80 cm breiten Freßstand. Zwei ständig geöffnete Türen sorgen für Frischluft und verbinden die Box mit einem angeschlossenen Paddock. In jeder dieser Boxen wurde in einer Ecke der stallgassenseitigen Wand speziell angefertigte Gitterkäfige angebracht, in denen in 85 cm Höhe eine Ablage für die Meßgeräte geschaffen wurde. Die gewählte Höhe entspricht annäherungsweise dem Einatembereich des Pferdes in Ruhe.

2.2 Ermittlung des Gesamtstaubes

Zur Ermittlung des Gesamtstaubes wurde die akkubetriebene Unterdruckpumpe vom Modell PCX R7 der Firma SKC, England, eingesetzt. Der Luftdurchsatz wurde auf 4 l/min eingestellt. Als Sammelfläche dienten Glasfaserfilter, welche vor der Messung und vor dem Auswiegen konditioniert wurden. Die achtstündigen Gesamtstaubmessungen erfolgten an jeweils 12 aufeinander folgenden Tagen während der morgendlichen Stallaktivitäten von 6 bis 14 Uhr.

2.3 Fraktionierte Staubmessung

Um die Wirkung der vorhandenen Staubbelastung auf die Lungengesundheit besser einschätzen zu können, ist eine fraktionierte Messung des einatembaren, des thoraxgängigen und des alveolengängigen Staubanteiles hilfreich. Der einatembare Staubanteil mit Partikeln $\leq$ 100 µm steht synonym für die Gesamtstaubkonzentration. Der thoraxgängige Staubanteil beinhaltet Partikel mit einer Größe von $\leq$ 10 µm, die den Nasen-Rachen-Raum passieren und mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % in den Brustraum gelangen (DFG 1996). Der alveolengängige Staubanteil umfaßt Partikel $\leq$ 5 µm, die aufgrund ihrer Größe mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % bis in die Lungenbläschen vordringen (DFG 1996). Dieser Anteil beinhaltet auch Sporen von Schimmelpilzen und Aktinomyceten und bedarf daher besonderer Beachtung. Die fraktionierte Staubmessung erfolgte im März 1996 an acht aufeinander folgenden Tagen über jeweils 20 h mit einem neuen Staubmeßgerät RESPICON TM, welches am Fraunhofer Institut für Toxikologie und Aerosolforschung in Hannover in Zusammenarbeit mit der Firma Hund in Wetzlar entwickelt wurde. Es handelt sich dabei um einen zweistufigen

virtuellen Impaktor, der eine Staubsammlung auf Glasfaserfiltern vornimmt und mit drei Streulichtphotometern kombiniert ist.

2.4 Erfassung des Sedimentationsstaubes

Der Sedimentationsstaub wurde auf Staubbretter, die mit Aluminiumfolie bespannt waren, gesammelt. Am Ende einer vierwöchigen Versuchsphase wurde der sedimentierte Staub quantitativ erfaßt. Anschließend erfolgte am Institut für Tierhygiene der Tierärztlichen Hochschule in Hannover eine Analyse des Gesamtkeimgehaltes und des Gehaltes an Hefen und Schimmelpilzen (Pilzkeimgehalt) in KbE/g Staub.

3. Ergebnisse

3.1 Gesamtstaubkonzentrationen in den Innenboxen und der Außenbox

Vergleicht man die Mittelwerte aus 48 Einzelmessungen, so ergeben sich für die Innenboxen Gesamtstaubkonzentrationen von 2,06 ± 0,60 mg/m^3 bzw. 1,91 ± 0,72 mg/m^3. Die Staubbelastung in der Außenbox liegt mit 0,75 ± 0,43 mg/m^3 Luft auf einem signifikant niedrigeren Niveau als in den Innenboxen. Ein signifikanter Unterschied der Phasen mit nassem und trockenem Heu besteht nicht.

3.2 Ergebnisse der fraktionierten Staubmessung

Der Mittelwert aus acht Versuchstagen mit 20-stündiger Meßdauer zeigt eine signifikant höhere Gesamtstaubkonzentration in der Innenbox mit 0,428 ± 0,153 mg/m^3 als in der Außenbox mit 0,279 ± 0,112 mg/m^3. Obwohl sich absolut gesehen in der Innenbox höhere Konzentrationen ergeben, ist der thoraxgängige Staubanteil am Gesamtstaub in der Innenbox mit 43,1 % prozentual niedriger als in der Außenbox mit 49,6 %, ebenso der alveolengängige Anteil mit 14,6 % innen gegenüber 18,3 % außen. Die gravimetrisch ermittelten Staubanteile sind in Tabelle 1 für die Innenbox und Tabelle 2 für die Außenbox dargestellt.

Tab. 1: Anteile der fraktionierten Staubmessung in mg/m³ Luft in der Innenbox

Versuchstag	alveolengängig	thoraxgängig	einatembar
1	0,109	0,321	0,560
2	0,089	0,300	0,683
3	0,042	0,137	0,375
4	0,054	0,172	0,425
5	0,034	0,083	0,203
6	0,048	0,140	0,348
7	0,060	0,204	0,516
8	0,057	0,143	0,308
x	0,061	0,187	0,428
s	0,025	0,083	0,153

Tab. 2: Anteile der fraktionierten Staubmessung in mg/m³ Luft in der Außenbox

Versuchstag	alveolengängig	thoraxgängig	einatembar
1	0,077	0,216	0,505
2	0,068	0,190	0,377
3	0,040	0,123	0,246
4	0,045	0,120	0,234
5	0,037	0,110	0,234
6	0,029	0,098	0,201
7	0,052	0,141	0,279
8	0,043	0,085	0,154
x	0,049	0,135	0,279
s	0,016	0,045	0,112

3.3 Quantitative und qualitative Analyse des Sedimentationsstaubes

Die je Tag berechnete sedimentierte Staubmenge ist in der Außenbox mit durchschnittlich 0,10 mg/m² Sammelfläche signifikant niedriger als in den Innenboxen mit je 0,24 mg/m². Der Gehalt an Hefen und Schimmelpilzen in KbE je g Sedimentationsstaub ist in den Phasen mit eingeweichtem Heu mit 74 x 10^6 KbE/g ± 36,55 signifikant geringer als in den Phasen mit trockenem Heu mit 155,7 x 10^6 KbE/g ± 54,49 ($p \leq 0,05$). Ein signifikanter Unterschied der Gesamtkeim- und Pilzkeimzahlen in den verschiedenen Aufstallungsformen besteht nicht. Die Gesamtkeimzahl ist nicht abhängig von der Art der Heufütterung und liegt in den Innenboxen bei 174,5 x 10^6 KbE/g ± 59,7 bzw. 176 x 10^6 KbE/g ± 49,1 und in der Außenbox bei 149 x 10^6 KbE/g ± 53.

4 Diskussion

Die achtstündige Gesamtstaubermittlung wurde in den Morgenstunden vorgenommen, da in dieser Zeit mit der höchsten Staubbelastung bedingt durch Tätigkeiten wie Fütterung von Heu und Kraftfutter, Entmistung, Einstreuen von Stroh und Kehren der Stallgasse zu rechnen ist (ZEITLER 1986). Die im Innenboxenstall ermittelten Gesamtstaubkonzentrationen sind mit denen von WOODS et al. (1993) mit 2,55 mg/m^3 und NAVAROTTO et al. (1994) mit 1,95 mg/m^3 vergleichbar, welche ebenfalls in einer Innenbox bei Fütterung von trockenem Heu und Stroheinstreu erfaßt wurden.

Die 20-stündige Gesamtstaubmessung spiegelt dagegen den Tagesmittelwert wider. Die in der Innenbox ermittelte Konzentration von 0,428 mg/m^3 läßt sich mit Untersuchungen von CRICHLOW et al. (1980) mit 0,41 mg/m^3 und ZEITLER (1985) mit 0,64 mg/m^3 vergleichen. Beide Autoren untersuchten Innenboxenställe, wobei die Ergebnisse von ZEITLER (1985) aus einer nach ihren Angaben mittelmäßig bis nachlässig geführten Pferdehaltung ohne geregeltes Lüftungssystem stammen, in der auch schimmelige und staubige Heu- und Strohballen zum Einsatz kamen. Die Untersuchungen von CRICHLOW et al. (1980) hingegen wurden in einem Stall mit einem geregelten Lüftungssystem vorgenommen, in dem drei Ventilatoren für eine Luftwechselrate von bis zu 500 m^3/min sorgten. In den eigenen Untersuchungen erfolgte sowohl im Innenboxenstall als auch in der Außenbox die Frischluftzufuhr und Abluftentweichung über Fenster oder Türen, so daß der Einfluß der Größe dieser Öffnungen in der Gesamtstaubbelastung von 0,428 ± 0,153 mg/m^3 innen und 0,279 ± 0,112 mg/m^3 außen deutlich wird. Obwohl die absoluten Konzentrationen des thoraxgängigen und alveolengängigen Staubanteiles in der Innenbox größer sind, ist deren prozentualer Anteil innen mit 43,1 % thoraxgängigem und 14,6 % alveolengängigem Staub geringer als in der Außenbox mit 49,6 % und 18,3 %. Der thoraxgängige Staubanteil betrug bei Messungen von ZEITLER (1985) bei Stallarbeiten 64 % und während des Reitbetriebs am Nachmittag 55 %. In der Nacht dominierten alveolengängige Staubpartikel mit bis zu 90 %, deren absolute Konzentration tagsüber mit 0,40 ± 0,24 mg/m^3 höher lag. CRICHLOW et al. (1980) ermittelten einen alveolengängigen Anteil von 30-40 % am Gesamtstaub, der im Tagesverlauf gleich blieb.

Die tägliche Menge an Sedimentationsstaub in den Innenboxen mit 0,24 g/m^2 entspricht dem Ergebnis von ZEITLER-FEICHT et al. (1988) von 0,29 g/m^2 ± 0,18. Die Zusammensetzung der Sedimentationsproben repräsentieren nur bedingt die Zusammensetzung des luftgetragenen Staubes, sie werden aber verbreitet als allgemeiner hygienischer Indikator für die Qualität der Luft und auch des Staubes in einem Raum herangezogen. Die Gesamtkeimzahlen im sedimentierten Staub der Innen- und Außenboxen liegen in der Größenordnung anderer Autoren (ZEITLER 1988, DIEZ 1977). Die auf Standardnährboden gezüchteten Kolonien setzen sich zu 67 % aus Staphylokokken und zu 30 % aus Streptokokken zusammen. Diese überall vorkommenden Bakterien können als Erreger sekundärer Infektionen von Bedeutung sein und werden daher im Allgemeinen häufig auch als „Eiterbakterien" bezeichnet.

Der Gehalt an Hefen und Schimmelpilzen im Sedimentationsstaub in KbE/g ist in der Außenbox mit durchschnittlich 81 x 10^6 tendenziell niedriger als in den Innenboxen mit 113,5 x 10^6 und 150 x 10^6 KbE/g. Der Pilzkeimgehalt zeigt sich abhängig vom Heumanagement: Bei Fütterung von nassem Heu ist dieser im Durchschnitt der drei Boxen mit 74 x 10^6 KbE/g ± 36,55 signifikant niedriger als bei Fütterung von trockenem Heu mit 155,7 x 10^6 KbE/g ± 54,49 ($p \leq 0,05$). Da der Stichprobenumfang auf jeweils $n = 6$ begrenzt war, sollte dieses Ergebnis in weiteren Untersuchungen mit einem größeren Stichprobenumfang bestätigt werden. Den Pilzsporen, v. a. von Aspergillus fumigatus und Aktinomyceten wie

Thermoactinomyces vulgaris und Micropolyspora faeni wird eine entscheidende Rolle bei der Entstehung und Unterhaltung chronischer Atemwegserkrankungen mit allergischer Genese insbesondere der COB zugesprochen (McPHERSON u. THOMPSON 1983; CLARKE u. MADELIN 1987; WEBSTER 1987; WOODS et al. 1993 u. v. a. m.). Da die höchste Belastung mit diesen Sporen in Heu zu finden ist, welches mit einem Feuchtegehalt von 35-50 % gepreßt wurde (CLARKE u. MADELIN 1987), sollte besonders die Heuernte mit großer Sorgfalt erfolgen. Aber auch in optisch sehr gutem Heu und Stroh werden bis zu 5 Mio. Aktinomyceten je g gefunden.

5 Schlußfolgerung

Der „Allgemeine Staubgrenzwert" wird von der DEUTSCHEN FORSCHUNGS-GEMEINSCHAFT 1996 mit 6 mg/m^3 Feinstaub festgesetzt. Nach DFG-Mitteilung ist bei Einhaltung dieses Richtwertes nur dann nicht mit einer Beeinträchtigung der Atemwege durch Staub zu rechnen, wenn die Stäube **nicht** allergisierend, toxisch, mutagen, krebserregend oder fibrogen wirken. So werden die in den vorliegenden Untersuchungen ermittelten Feinstaubkonzentrationen zwar nicht zu einem mechanischen Überladungseffekt der Atemwege führen, es bestehen jedoch vielfach Hinweise auf eine allergenisierende Wirkung der Sporen von Schimmelpilzen und Aktinomyceten, welche im Feinstaubanteil gravimetrisch miterfaßt werden (HALLIWELL et al. 1979; McPHERSON et al. 1979; McGORUM et al. 1993 a, b). Bis zu einer Milliarde dieser Sporen sind in 1 g Staub von Heu und Stroh schlechter Qualität zu finden (ZEITLER-FEICHT 1994). Dies sollte Anlaß genug sein, jeden Heu- oder Strohballen vor einer Verwendung im Pferdestall auf sichtbare Schimmelstellen überprüfen und gegebenenfalls auszusortieren. Der signifikant geringere Pilzkeimgehalt im Sedimentationsstaub während der Phasen mit eingeweichtem Heu zeigt, daß hierin eine weitere Möglichkeit besteht, den Kontakt des Pferdes mit Allergenen zu reduzieren.

Trotz des gleichen Stallmanagementes ergibt sich sowohl bei der 8-stündigen Gesamtstaubmessung, als auch bei der 20-stündigen fraktionierten Staubmessung und der Menge an Sedimentationsstaub für die Aufstallungsform Außenbox eine signifikant niedrigere Staubbelastung ($p \leq 0{,}05$). Dieser Unterschied läßt sich damit erklären, daß die Außenbox über zwei ständig offenstehende Türen verfügte und zu anderen Boxen hin vollständig isoliert war, während die Innenboxen innerhalb eines Stalles alle lüftungstechnisch verbunden sind und je Box ein Fenster besitzen.

6 Literatur

BUSCHENDORF, K.F. (1797): Dikzionär für Pferdeliebhaber. Baumgärtner, Leipzig, 1797

BUTLER, I.v. u. B. ARMBRUSTER (1984): Struktur und Abgangsursachen bei Schlachtpferden. Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 91, 330-331

CLARKE, A.F. u. Theresa MADELIN (1987 c): Technique for assessing respiratory health hazards from hay and other source materials. Equine vet. J. 19, 442-447

CRICHLOW, E.C.; K. YOSHIDA u. K. WALLACE (1980): Dust levels in a riding stable.

Equine vet. J. 12, 185-188

DIEZ, Marianne (1977): Untersuchungen über die quantitative Zusammensetzung der aeroben Bakterienflora von Stallstaub unterschiedlicher Herkunft. Giessen, Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

GERBER, H. (1980): Pathogenese der chronischen Bronchitis des Pferdes. in: 7. Arbeitstagung der DVG-Fachgruppe Pferdekrankheiten, 1980.

GERBER, H. (1994): Pferdekrankheiten Band 1: Innere Medizin einschließlich Dermatologie.

Verlag Ulmer, Stuttgart

McGORUM, B.C.; P.M. DIXON u. R.E.W. HALLIWELL (1993 a): Responses of horses affected with chronic obstructive pulmonary disease to inhalation challenge with mould antigens. Equine vet. J. 25, 261-267

McGORUM, B.C. u. P.M. DIXON u. R.E.W. HALLIWELL (1993 b): Evaluation of intradermal mould antigen testing in the diagnosis of equine chronic obstructive pulmonary disease. Equine vet. J. 25, 273-275

McPHERSON, E.A.; G.H.K. LAWSON; J.R. MURPHY; J.M. NICOLSON; R.G. BREEZE u. H.M. PIRIE (1979): Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in horses: Aetiological studies: Responses to intradermal and inhalation of antigenic challenge. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD): factors influencing the occurence. Equine vet. J. 11, 159-166; 167-171

McPHERSON, E.A. u. J.R. THOMSON (1983): Chronic obstructive pulmonary disease in the horse 1: Nature of the disease. Equine vet. J. 15, 203-206

NAVAROTTO, P.; M. GUARINO u. A. SANTAMBROGIO (1994): Evaluation of the environmental dust and mycetes in a thoroughbred stable. Transactions of the ASAE ,Vol. 37 (1): 229-233

PIOTROWSKI, J. (1984): Wie Pferde-Auslaufhaltungen gestalten ? Der Tierzüchter 36, 386-388

RODEWALD, Ariane (1989): Fehler bei der Haltung und Nutzung als Schadensursache bei Pferden in Reitbetrieben. München, Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

VELTJENS, C. (1987): Der Einfluß endogener und exogener Faktoren auf Erkrankungen des Bewegungs- und Atemapparates bei Pferden verschiedener deutscher Zuchtgebiete. Bonn, Univ., agrarwiss. Fak., Diss.

VEREINIGTE TIERVERSICHERUNGEN (1980-1983): Geschäftsbericht 1980-1983. zitiert nach: VELTJENS, C. (1987)

WOODS, P.S.A.; N.E. ROBINSON; M.C. SWANSON; C.E. REED; R.V. BROADSTONE u. F.N. DERKSEN (1993): Airborne dust and aeroallergen concentration in a horse stable under two different management systems. Equine vet. J. 25, 208-213

ZEITLER, Margit (1985): Konzentration und Korngrößenverteilung von luftgetragenen Staubpartikeln in Pferdeställen. Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 98, 241-246

ZEITLER, Margit (1986): Staub-,Keim- und Schadgasgehalt in der Pferdestalluft , unter besonderer Berücksichtigung der FLH (Farmer´s lung hay)-Antigene. Tierärztl.Umsch. 41, 839-845

ZEITLER-FEICHT, Margit (1994): Qualität der Stalluft und Gesundheit der Pferde. Gruber-Info 5/94, S.35-46

Evaluierung eines quasistationären Bilanzmodells zur Stallklimasimulation

SCHAUBERGER, G.; P. PILATI

Abteilung Biometeorologie, Institut für Medizinische Physik, Veterinärmedizinische Universität Wien, A-1210 Wien

1 Einleitung

Die Berechnung des Stallklimas ist vor allem für die energietechnische Projektierung von Stallneubauten und für die Sanierung von bestehenden Gebäuden von Bedeutung. Sie hat die Optimierung der Haltungsbedingungen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung zum Ziel. Des weiteren stellt die Gewährleistung eines optimalen Stallklimas einen Beitrag zur artgerechten Haltung der Tiere dar. Die Aufrechterhaltung einer artgerechten Umwelt ist nicht nur als Beitrag zum Tierschutz zu sehen, sondern auch ein konkreter Ansatzpunkt zur Minimierung des Einsatzes von Medikamenten gegen umweltbedingte Erkrankungen. Ein weiterer Aspekt ist die Produktivität der Tierhaltung, die wesentlich durch die Umwelt der Tiere beeinflußt wird.

Das zu evaluierende Simulationsmodell ist ein Bilanzmodell (SCHAUBERGER, 1988; CIGR 1994). Danach ist das Stallklima als Gleichgewichtszustand raumklimatischer Parameter zu sehen, der sich durch die Wechselbeziehung von drei Subsystemen ergibt. Diese Systemkomponenten sind der Tierbestand, das Stallgebäude als Systemgrenze und die lüftungstechnische Anlage. In den Energie- und Stoffbilanzen werden die, dem Stall zugeführten und abgeführten Ströme gegenübergestellt. Betrachtet man die Vorzeichen, bzw. Richtung der Ströme der einzelnen Systemkomponenten, so ist im Falle des Tier-Termes dieser stets positiv. Das Tier ist eine stetige Quelle, die dem Stall ständig fühlbare Wärme aber auch Masse in Form von transpiriertem Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan, etc. zuführt. Der Transport der von den Tieren abgegebenen Wärme- und Stofflasten an das Außensystem erfolgt durch Gebäude und Lüftung.

Das Bilanzmodell besteht aus drei Einzelbilanzen:

$$S_A + S_B + S_V = 0 \quad (1)$$

$$L_A + L_B + L_V = 0 \quad (2)$$

$$C_A + C_V = 0 \quad (3)$$

Die erste Gleichung stellt die sensible oder fühlbare Wärmebilanz dar, die den Austausch von sensibler Wärme zwischen dem Stall und seiner Umgebung beschreibt, wobei sämtliche Komponenten, Tier - Index A, Gebäude - Index B, und lüftungstechnische Anlage - Index V, Einfluß nehmen. Die zweite Gleichung ist die latente Wärmebilanz, welche das energetische Äquivalent zur Wasserdampfbilanz darstellt. Auch hier sind alle Komponenten wirksam. Die dritte Gleichung beschreibt die Kohlendioxidbilanz. Bei den beiden letzten Bilanzen wirkt das Tier jeweils als Quelle, während der zweite Term den Transport durch die lüftungstechnische Anlage beschreibt. Vernachlässigt wird ein Stofftransport (Wasserdampf, CO_2) durch die Bauteile. Andere Energiequellen wie Strahlung, Verdunstung, Beleuchtung, etc. werden durch dieses Modell nicht berücksichtigt.

Das Modell geht von zwei vereinfachenden Annahmen aus:

Zum einen verhält sich das Modell quasistationär, was bedeutet, daß das Stallklima ohne Verzögerung auf Änderungen der Außenbedingungen reagiert. So werden etwa beim Gebäude die wärmekapazitiven Eigenschaften des Baumaterials unberücksichtigt gelasen. Dies gilt auch für das Tier, wo die allmähliche und damit zeitlich verzögerte physiologische Reaktion auf thermohygrische Änderungen seiner Umgebung nicht modelliert wird. Auch die lüftungstechnische Anlage, die in der Realität immer einen endlichen Zeitraum zum Wechsel des Stalluftvolumens benötigt, reagiert im Modell auf thermohygrische Änderungen sofort und daher unendlich schnell. Somit wird die Trägheit des Gesamtsystems Tier-Gebäude-LTA vernachlässigt. Die Bilanz ist zu jedem Zeitpunkt ausgeglichen.

Zum anderen verhält sich das Modell statisch. Dies bedeutet, das bis auf die zeitlich variierenden Eingangsgrößen wie Außentemperatur und Außenfeuchtigkeit alle im Modell verwendeten Parameter und Größen zeitunabhängig sind. In den Bilanzgleichungen tritt weder implizit noch explizit die Zeit in Erscheinung. Vor allem die zeitliche Konstanz der Energieabgabe des Tieres ist eine grobe Näherung, da die physiologisch bedingte zirkadiane Variabilität unberücksichtigt bleibt.

2 Material und Methode

Das Modell wurde anhand von Messungen in einem Rinderstall evaluiert. Zur Erfassung der sensiblen und latenten Wärmeströme wurden kontinuierliche Messungen der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit und des Massenstromes innerhalb, beziehungsweise auch außerhalb des Stallbereiches vorgenommen. Weiters wurde die Kohlendioxidkonzentration sowie die Aktivität der Tiere mit einem IR-Detektor kontinuierlich erfaßt. Der Außenzustand der Luft wurde in einer Wetterhütte (Freiluft, strahlungsgeschützt, etwa 2m über Grund) gemessen. Innerhalb des Stallbereiches wurden die Messungen in der Zuluft, an drei Stellen im Stallraum, sowie in der Abluft durchgeführt.

Das Datensampling betrug 10 Minuten. Zur Kontrolle und Protokollierung der kontinuierlichen Messungen wurden zusätzliche Handmessungen durchgeführt. Weiters wurden der allgemeine Wetterzustand (Wolkenbedeckung, Niederschlag) und die Bodenbeschaffenheit im Stallraum (trocken, naß) festgehalten.

Die Messungen wurden vom 9.8.1994 bis 15.9.1994, sowie vom 10.12.1994 bis 11.7.1995 in einem Rinderstall im nördlichen Niederösterreich durchgeführt. Das Gebäude ist eine Vollziegel-Betonkonstruktion, mit etwa 6.5 m Länge, 9.0 m Breite und 2.5 m Höhe. 53% der Gebäudeflächen grenzen an das Erdreich und 5.5 % der Gebäudeflächen - bezogen auf die Grundfläche - sind verglast. Bezogen auf einen Tierplatz ergibt sich ein Flächenanteil der Gebäudehülle von 9.75 m^2.

Die Tiere werden in Gruppen auf Vollspaltenboden gehalten, wobei sich je vier Boxen beidseitig des Futtertisches für 5 bis 7 Tieren befinden. Insgesamt ist der Stall für 48 Tiere bei einer durchschnittlichen Mastdauer von 14 bis 15 Monaten ausgelegt (Einstallung mit etwa 200 kg, Ausstallung mit 650 bis 700 kg je Tier, Tageszunahme ca. 1200 g). Der Stall war zum Zeitpunkt der Messungen zu 95% (46 Tiere, durchschnittliche Lebendmasse 480 kg) belegt.

Die lüftungstechnische Anlage ist eine variable Volumenstromanlage mit der Stalltemperatur als Regelgröße. Die Zuluft wird über zwei Zuluftkanäle an der Stalldeck eingebracht. Unterhalb des Futtertisches wird die Luft mit zwei Axialventilatoren über einen Abluftkamin abgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Statistische Analyse der Modellfehler

Die für die Modellevaluation verwendete Stichprobe hat einen Umfang von 51 Tagen, die dem Zeitraum 10.8.1994 bis 7.7.1995 entnommen wurden. Zusätzlich erfolgt für die statistische Auswertung eine Unterteilung in drei Datensätze, die jeweils den Sommer, den Winter und die Übergangszeit charakterisieren. Unter dem Modellfehler wird die Differenz zwischen dem Modell und der Messung verstanden.

Tabelle 1 zeigt, daß das Modell die Stalltemperaturen überschätzt und die Luftfeuchtigkeit unterschätzt. Im Sommerfall nimmt der Modellfehler der Stalltemperatur (+1.4K) und der Feuchtigkeit (-14%) etwas ab. Die Übergangszeit zeigt bei der Temperatur den größten Modellfehler (+2.4K), bei der Feuchtigkeit liegt der Fehler bei -24%. Die Enthalpie hingegen wird vom Modell realistisch wiedergegeben. Die relativen Abweichungen betragen in allen Fällen weniger als 10%.

3.2 Überprüfung der Modellannahmen

Für das Modell wird angenommen, daß sich das System quasistationär und statisch verhält.

Quasistationärität bedeutet, daß die Wärme- und Stoffbilanzen zu jedem Zeitpunkt ausgeglichen sind, d.h., daß bei zeitlichen Änderungen der Außenbedingungen das Raumklima ohne Verzögerung reagiert. Betrachtet man im Modell den Transmissionsterm, der den Wärmetransport durch die Stallbegrenzungen beschreibt, ist ein Speicherverhalten von Baustoffen von vornherein nicht auszuschließen. Berechnungen auf der Basis von Fourieranalysen ergaben im vorliegendem Fall, daß Temperaturamplituden nur etwa zu 50% der Mauerwerkdicke eindringen können. Auch die, für ein Speicherverhalten typische zeitliche Phasenverschiebung, kann nicht beobachtet werden. Die Kreuzkorrelation der Außen- und Stalltemperatur hat gezeigt, daß das Maximum des Korrelationskoeffizienten dann auftritt, wenn die Zeitreihen der beiden Lufttemperaturen nicht gegeneinander verschoben sind. Das bedeutet, daß die Innentemperatur nahezu unverzögert auf die Außentemperatur reagiert. Die quasistationäre Annahme wird dadurch gestützt. Ein zeitlich verzögerter Wärmestrom von außen nach innen, der durch den Tagesgang der Außentemperatur bedingt wäre, kann nicht nachgewiesen werden. Weiters hat der Vergleich zwischen der Lufttemperatur im Stall und der Oberflächentemperatur der Außenwände (innen) gezeigt, daß auch durch Besonnung von Außenwänden keine zusätzliche Wärmequelle für den untersuchten Stall hervorgerufen wird.

Tab. 1: Modellfehler (Median und Interquartilsabstand QA der Differenz zwischen Modellwert und Meßwert) für die Stallparameter Temperatur, relative Feuchtigkeit, Enthalpie und Kohlendioxidkonzentration für den gesamten Datensatz (Total) sowie für Sommer, Winter und Übergangszeit

Parameter	**Zeitraum**	**Median**	**QA**
Temperatur (°C)	Total	2,0	2,5
	Sommer	1,4	2,7
	Winter	2,2	2,2
	Übergang	2,4	3,3
Rel. Feuchtigkeit (%)	Total	-26	12
	Sommer	-14	6
	Winter	-30	5
	Übergang	-24	8
Enthalpie (Wh/kg)	Total	-0,53	1,2
	Sommer	-0,69	1,1
	Winter	-0,62	1,2
	Übergang	-0,28	1,2
Kohlendioxidkonzentration (ppm)	Total	-198	347
	Sommer	-92	269
	Winter	-368	467
	Übergang	-154	206

Die statische Annahme wurde anhand der zeitlichen Verläufe der Modellfehler überprüft. In Abbildung 1 sind die mittleren Tagesverläufe der Modellfehler (Differenz zwischen Modell- und Meßwerten) für die Parameter Stalltemperatur, relative Luftfeuchtigkeit Enthalpie und Kohlendioxidkonzentration dargestellt.

Maxima treten in den Morgen- und Abendstunden auf. Sie sind durch die Fütterungs- und Freßzeiten bedingt. Deutlich sind die Tagesgänge der Temperatur- und Feuchtigkeit, vor allem in der Sommer- und Übergangszeit mit Amplituden bis zu 5K bzw 12%. Die Amplituden der Modellfehler der Enthalpie und der Kohlendioxidkonzentration sind hingegen kleiner.

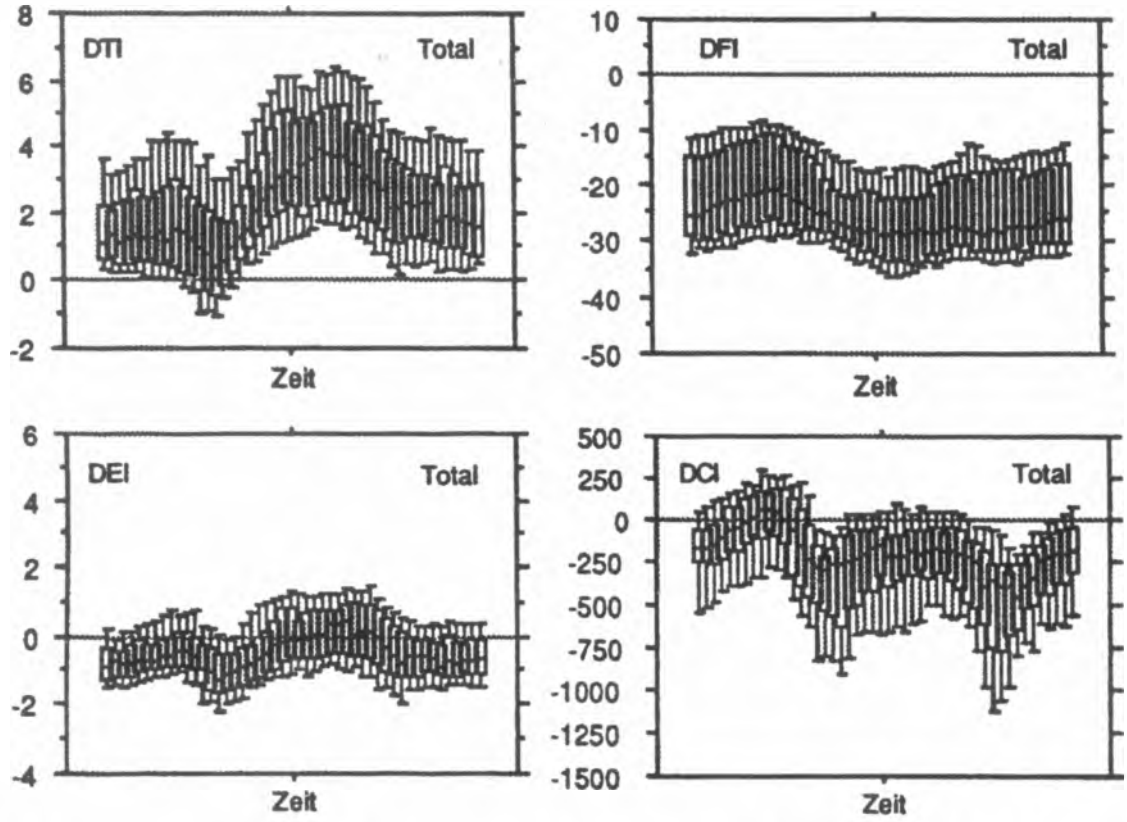


Abb. 1: Mittlerer Tagesgang der Modellfehler (Differenz zwischen den Modell- und den Meßwerten) für die Stallparameter Lufttemperatur DTI, relative Feuchtigkeit DFI, Enthalpie DIE und Kohlendioxidkonzentration DCI. Die Modellfehler werden in Halbstundenmittelwerten in Form von Box-Plots dargestellt (Minimum, unteres Quartil, Median, oberes Quartil, Maximum).

3.3 Modellverbesserung durch die Einbeziehung der Verdunstung an feuchten Flächen im Stall

Da sich die Verteilung der Modellfehler der Stalltemperatur und der relativen Feuchtigkeit deutlich von Null unterscheidet (Tabelle 1 und Abbildung 1) war zur besseren Kalibrierung des Modells die Erweiterung der Bilanzgleichungen erforderlich. Das Ziel der Modellverbesserung war die Überschätzung der sensiblen gegenüber der latenten Wärmebilanz zu reduzieren. Zu diesem Zweck wurde die Verdunstung an feuchten Flächen eingeführt, die ein physikalischer Prozeß ist, der sensible in latente Wärme überführt

Eine Möglichkeit Verdunstung an feuchten Flächen zu berücksichtigen, besteht in einer Parametrisierung unter Verwendung der sensiblen Wärmeabgabe des Tieres S_A. Aus der Verdunstung resultiert der sensible Wärmefluß S_E. Er kann geschrieben werden als:

$$S_E = S_A \cdot (k_s - 1) \qquad (4)$$

Unter der Annahme, daß die Verdunstung adiabatisch verläuft, $L_E = - S_E$, gilt somit:

$$L_E = S_A \cdot (1 - k_s) \qquad (5)$$

Dabei ist k_s ein Faktor, der von der Art und dem Zustand des Stallbodens, sowie vom Fütterungssystem abhängt. PEDERSEN (1989) schlägt für k_s Werte zwischen 0.72 und 0.91 vor. Das bedeutet, daß zwischen 9% und 28% der sensiblen Wärmeabgabe des Tieres für die

Verdunstung aufgewendet wird. MOTHES (1969) gibt entsprechende Werte zwischen 7% und 100% an. Werte für k_s wurden des weiteren von PEDERSEN (1989) für Jungrinder auf Spaltenboden und Silagefütterung veröffentlicht. Daten (nach EHRLEMARK, zitiert in PEDERSEN, 1989) für Milchvieh mit unterschiedlichen Leistungen lassen ein lineare Abhängigkeit von der Stalltemperatur T_i erkennen.

In Abbildung 2 werden die Daten nach PEDERSEN und EHRLEMARK (PEDERSEN, 1989) mit den aus den vorliegenden Meßdaten berechneten Korrekturfaktor k_s als Funktion der modellierten Stalltemperatur dargestellt.

Durch Einbinden der beiden Terme für die Verdunstung (Gleichung 4 und 5) in die sensible und latente Wärmebilanz (Gleichung 1 und 2), kann in einem erweiterten Modell mit dem temperaturabhängigen Faktor k_s die Verdunstung berücksichtigt werden.

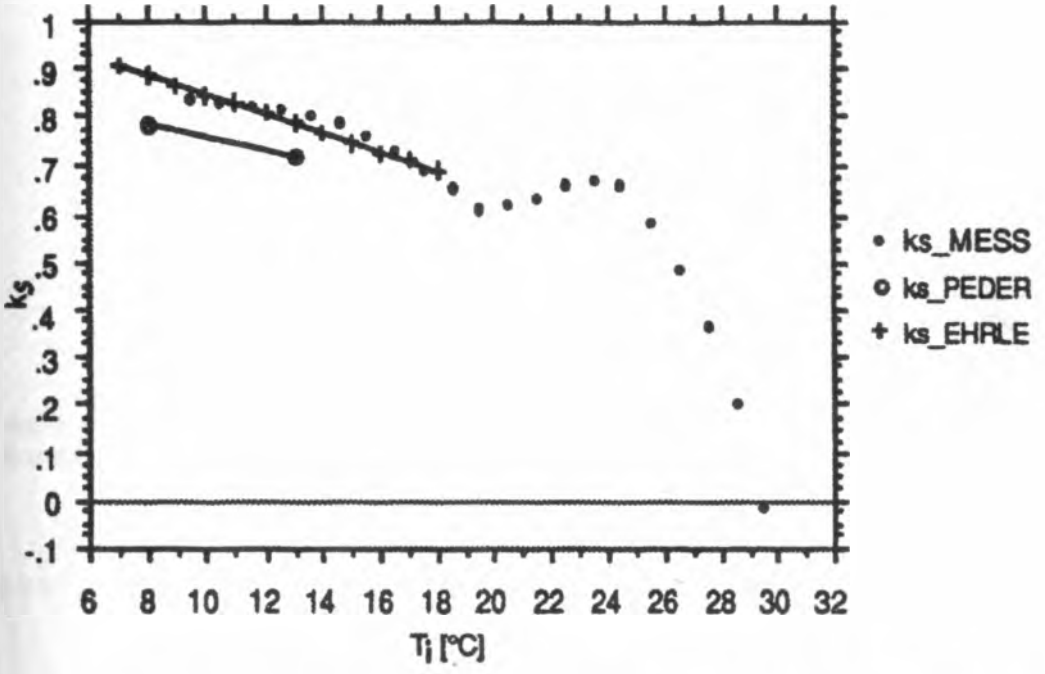


Abb. 2: Berechneter Korrekturfaktors k_s (MESS) zur Parametrisierung der Verdunstung an feuchten Stallflächen in Abhängigkeit von der Stalltemperatur T_i im Vergleich mit Angaben von PEDERSEN (1989) (PEDER) und (EHRLE).

Alternativ zur vorigen Parametrisierung läßt sich Verdunstung auch direkt mit physikalischen Bestimmungsgleichungen abschätzen. Diese Gleichungen basieren im wesentlichen auf dem Fick'schen Diffusionsgesetz. Es erfordert im Falle von Feuchtediffusion die Kenntnis der Wasserdampfkonzentrationen in der Luft und an der Oberfläche, da der latente Wärmefluß (Verdunstung) aus dem Produkt eines Gradienten mit einem Diffusionskoeffizienten resultiert. In der Praxis werden Ansätze vom Dalton-Typ verwendet, bei denen der Diffusionskoeffizient durch einen Proportionalitätsfaktor ersetzt wird. Er hängt von der Geschwindigkeit der darüberstreichenden Luft ab (SHUTTLEWORTH, 1991). Diese Ansätze finden in modifizierter Form auch in der Heizungs- und Klimatechnik (z.B. bei Schwimmbädern) Anwendung (RECKNAGEL et al.,1990).

Im vorliegenden Modell wurde die Verdunstung durch folgenden Ansatz berechnet:

$$L_E = b\ F\ v\ \Delta x \quad (6)$$

mit der Konstante b, der Fläche an der Verdunstung auftritt F, der Luftgeschwindigkeit v und dem Sättigungsdefizit des Mischungsverhältnisses Δx. Der Anteil der feuchten Flächen wird über einen multiplen linearen Regressionsansatz bestimmt, wobei die Prädiktoren die Taupunkttemperatur des Stallraumes sowie die Lufttemperatur außen und innen sind. Die Luftgeschwindigkeit v über der feuchten Fläche wurde durch den Volumenstrom der LTA abgeschätzt.

Aus den ursprünglichen Modellgleichungen und den beiden Termen für die Verdunstung wurde der Modellfehler für die beiden Stallparameter Mischungsverhältnis DXI und Lufttempereratur DTI erneut bestimmt (Abbildung 3).

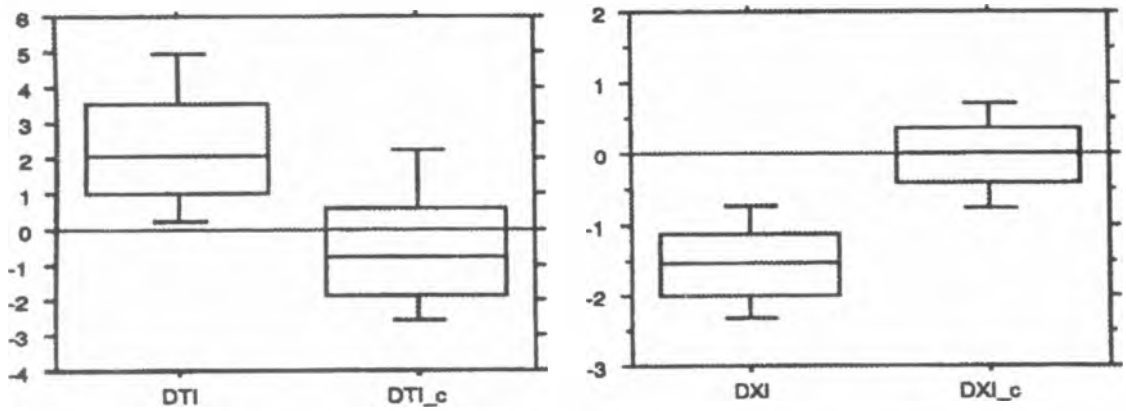


Abb. 3: Vergleich der Modellfehler für die beiden Stallparameter Lufttemperatur und Mischungsverhältnis für das ursprüngliche Modell (DTI und DXI) und das verbesserte Modell (DTI_c und DXI_c). Die Modellfehler werden in Form von Box-Plots dargestellt (Minimum, unteres Quartil, Median, oberes Quartil, Maximum).

Die Ergebnisse zeigen, daß die Einführung der Verdunstung von feuchten Flächen den Betrag der Modellfehler verkleinern, wodurch die Modellgüte verbessert wird.

4 Literatur

CIGR: Climatization of Animal Houses. Scottish Farm Buildings Investigation Unit, Aberdeen, Scotland, 1984.

MOTHES, E.: Verfahren der Tierproduktion - Bau, Klima, Hygiene. 1. Aufl., VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1984.

PEDERSEN, S.: Moisture Production and Correction Factors for Sensible Heat. In CIGR:, Second report of working group on climatization of animal houses. Scottispress Publishers Limited, Aberdeen, 1989 p23-29.

RECKNAGEL, G. et al.: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik. Oldenburg, 1990.

SCHAUBERGER, G.: Ein quasi-staionäres Bilanzmodell zur Stallklima-Simulation. Dtsch. tierärztl. Wschr. 95, 200-205, 1988.

SHUTTLEWORTH, W.J.: Evaporation Models in Hydrology. In Schmugge, T.J., Andre, J.C. (eds.): Land Surface Evaporation. Springer-Verlag, New York Berlin Heidelberg. 1989. p93-120.

Development of a low cost ventilation rate sensor for micro-environmental control in agricultural buildings

VRANKEN, ERIK [1]; DANIEL BERCKMANS[2]; VIC GOEDSEELS[1]

[1] Laboratory of Agricultural Buildings Research, Catholic University of Leuven
Kardinaal Mercierlaan 92 3001 Heverlee - Belgium

[2] National Fund for Scientific Research, Belgium

1 Importance of the ventilation rate in agricultural buildings

It is known that the *micro-environmental conditions* (temperature, humidity, gas concentration, air velocity, etc.) in the occupied zone of an agricultural building (livestock building, greenhouse or storage place), do influence the response of animals, plants or products, and consequently have an impact on growth rate, development, and product quality (MOUNT, 1968, MONTEITH et al., 1974, VERSTEGEN et al., 1978; ADAMS et al., 1979; CHALLA, 1990; VAN HENTEN, 1994; UDINCK TEN CATE, 1983)

The micro-environmental conditions in such a biological production unit are the result of the internal production of heat, moisture and gasses and the removal of these elements form the occupied zone, mainly by means of air mass transport.

The purpose of the ventilation system is to control the micro-environment (temperature, humidity, gas concentration, dust, etc.) in the occupied region at an acceptable level corresponding to a maximal production efficiency.

Many authors have used energy and mass balances to determine the relationship between physical micro-environmental parameters and the ventilation rate through the building (CARPENTER, 1974; RANDALL, 1975, 1981, BERCKMANS, 1986). They all concluded that, especially at low ventilation rates, the effect of a variation of the ventilation rate on the resulting inside temperature, the inside air humidity and the gas concentration (CO2, NH3,...) is relatively high. It was concluded that an adequate control of the ventilation rate is an absolute criterion for a good and stable internal climate.

However, from laboratory tests and field analysis of ventilation equipment it was shown that most agricultural ventilation systems do not succeed in an adequate control of the ventilation rate, and consequently there are doubts about the economics of the beneficial influence of many automatically controlled mechanical ventilation systems (BERCKMANS et al., 1988, GEERS et al., 1984, 1985, MAES et al., 1988). It was concluded that, before one can introduce more sophisticated control algorithms in the field, more knowledge is required to achieve good control of the airflow rate through the building.

The ventilation rate does also effect the emission of pollutant gasses from animal houses, such as ammonia. Inside the houses, high ammonia concentration represents potential health hazard to workers and animals (CARR et al., 1990), while high ammonia emission is highly associated with environmental and ecological damage (VAN BREEMEN et al., 1982). NI et al. (1995) concluded that it was possible to reduce the yearly ammonia emission from a pig house with about 10% by an adequate control of the ventilation rate.

From literature and field research it can be concluded that the ventilation rate is considered to be the most important parameter in climate control of agricultural buildings because of it's

determining character on the *global level of the internal climatic conditions*, their *internal spatial distribution* , the resulting *health status* of the biological material, the *production results*, the *ammonia emission* and the overall *energy consumption* for ventilation and heating.

2 Shortcomings of existing ventilation rate measurement techniques

Several techniques, like tracer gasses, heat balance, CO_2 balance or pressure measurements are used be several authors to measure the ventilation rate in a livestock buildings (VAN 'T KLOOSTER, 1994; DEMMERS, 1996; VAN 'T OOSTER, 1994). Although these techniques can be very usefull to estimate the ventilation rate over a longer period of time, they cannot be used for fast and accurate measurements, as needed for control purposes in practical field conditions and with low maintenance costs.

In 1982 a new prototype sensor, based on the principle of a free running impeller, has been introduced by BERCKMANS et al. (1986), to be used in combination with an axial fan in a ventilation duct with turbulent flow and with changing pressure differences to overcome. This sensor was composed of a fan blade mounted on a free running axis. The calibration curve of this sensor under varying pressure conditions is shown in figure 1. It can be seen that for ventilation rates higher then 1500 m^3/h, a good linear relationship is obtained, resulting in a good accuracy compared to the previous mentioned techniques. However, by introducing smaller compartments in our new building types, the ventilation needs during winter time has been reduced to less then 200 m^3/h. Under these conditions, this sensor results in a relative low accuracy. Static pressure changes over the ventilation opening in which the sensor is placed, resulted in a non linear behavior of the calibration curve. Over the complete measuring range from 200 to 6000 m^3/h, the accuracy of the sensor was about +/- 600 m^3/h, and consequently such a sensor does not allow to measure or control a ventilation rate of about 200 m^3/h . Today, several identical sensors has been applied, but all of them were found to have a limited accuracy (BERCKMANS et al., 1991)

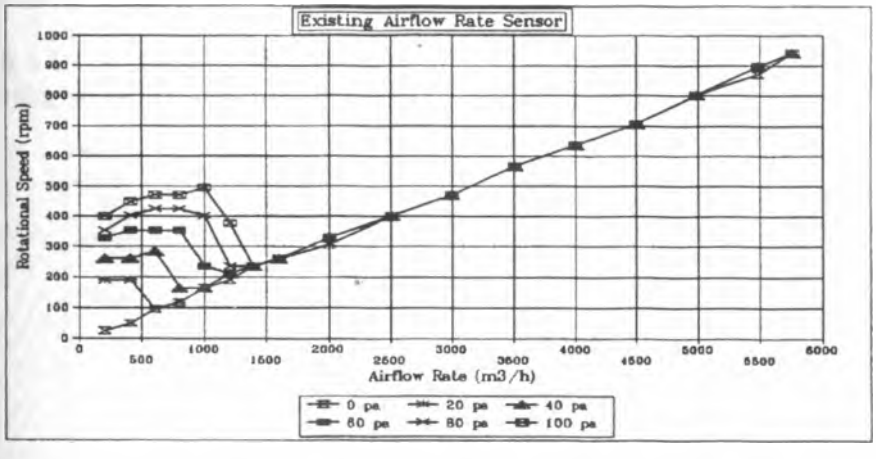


Figure 1: Calibration curve of a previousl ventilation rate sensor for livestock buildings

To improve the accuracy of the previous sensor, some crucial adaptations have been carried out, resulting in 1988 in a new prototype sensor with improved accuracy (see figure 2, adapted from BERCKMANS et al., 1991). Since this prototype was made in wood, it still had some

disadvantages in terms of time constant and pressurte loss, which will be discussed further on in this paper.

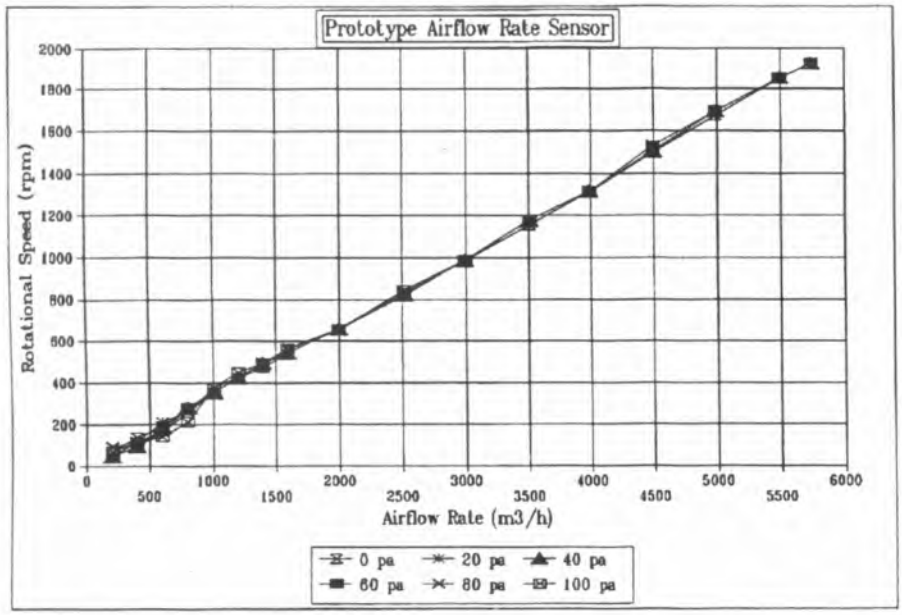


Figure 2: Calibration curve of new prototype sensor with improved accuracy

However, to be integrated in the feed-back loop of a ventilation controller, this hand made prototype sensor needed some further developments, as will be described in this article.

3 Objectives

The objective of this paper is to present the principle and the calibration procedures of a new design of a ventilation rate sensor that is suited for measurement and control of the ventilation rate in a real livestock building.

The requirements of this new sensor are:

- an accuracy better then +/- 60 m^3/h in the measuring range from 200 to 6000 m^3/h
- a time constant smaller than 3 seconds
- pressure loss due to the sensor less than 5 pa

4 Method

4.1 Laboratory test rig

For calibration purposes, the airflow rate sensor in mounted, in combination with an axial fan in the outlet section of a standardised fan test installation (figure 3).

In this position the airflow rate sensor of the considered principle will be subject to changes in air flow rate and variations in pressure difference over the test chimney. Because of the principle of a free running turbine the measurements are focused on the relationship between rotational speed of the turbine, the measured air flow rate and the pressure difference over the test section. The procedures for fan testing with variation of pressure difference are applied for testing this air flow rate sensor.

To measure the characteristics of the air flow rate sensor test chimneys are used with diameters varying from 0.3 m tot 0.76 m and a standard length of 1 m. In the test installation it is possible to realise an airflow rate from 0 to 6000 m^3/h and this for pressure differences (under pressures in the test room) from 0 to 120 Pa. The test installation has been built according to the German Standards DIN 1952, the Belgian Standard NBN 688 and the British Standard BS 848. The principle of this test rig is that the air flow rate can be controlled using an auxiliary fan (A in figure 3) while the pressure difference over an orifice is used (with compensation for air temperature and air humidity) to measure the flow rate. As long as the fan in the test unit produces the same air flow rate as the auxiliary fan, there is no pressure difference between the test room and the environment. In these conditions the auxiliary fan is taking care for the pressure losses through the system. From the moment where the fan in the test unit (B in figure 3) is producing a higher air flow rate (due to a higher voltage supply) than the one that is supplied by the auxiliary fan, the under pressure in the test room is increasing. This makes it possible to change the pressure difference over the test section from 0 to 120 Pa and this for every air flow rate from 200 to 6000 m^3/h.

Since it takes a lot of time to realise constant steady state conditions in the installation and to do reliable measurements (due to fluctuations of pressure, etc.), the global test procedure, as well as the calibaration of all the sensors, has been automated. The orifice allows to measure the flow rate with an accuracy of +/-10 m^3/h in the range of 200 to 1500 m^3/h and an accuracy of +/-30 m^3/h in the range of 1500 to 5000 m^3/h. The rotational speed of the turbine is measured by using a fixed proximity switch with 4 indication points on the turbine. The system measures the rotational speed with an accuracy of +- 0.5 rev/min. The repeatability, to produce a certain flow rate, as calculated from 4 experiments was better than 3 %.

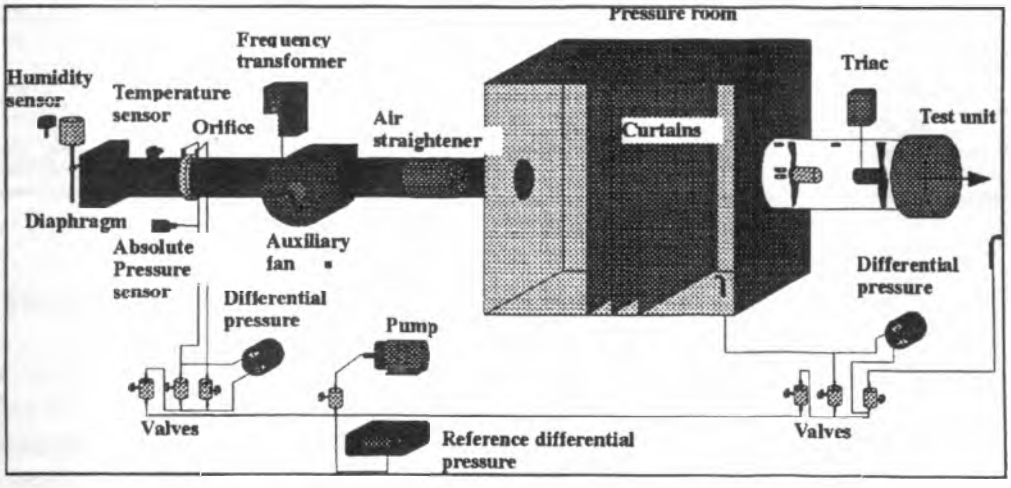


Figure 3: The laboratory calibration test rig

4.2 Test installation to measure the dynamic characteristics of the airflow rate sensor

When a sensor is used in the feed back loop of a control system, not only its steady state characteristics, but its dynamic behaviour as well determines the stability of the process under control.

In order to measure the time constant of the ventilation rate sensor, the sensor is placed in a ventilation duct in an upstream position of the fan.The step response of the rotational speed of the fan and the rotational speed of the ventilation rate sensor are measured during a step experiment on fan voltage. Starting from a steady state situation with constant voltage applied to the fan, after some time the voltage is changed stepwise while the rotational speed of the fan and the sensor is measured with a frequency of 10 Hz. From these response curves the time constant of the fan and the sensor can be calculated. From previous experiments is is known that an axial fan and an impeller based ventilation rate sensor both act as first order systems on a voltage step experiment (Berckmans et al., 1991).

5 Results

5.1 Accuracy and linearity of the turbine calibration curve

Over a ventilation opening, the static pressure difference is changing a lot as a result of wind action, changing of inlet and outlet valves, or a variation of the voltage applied the the fan. As a consequence, an important characteristic of a ventilation rate sensor is its independence of pressure differences over the ventilation opening. This means that the calibration curves for different pressures must be identical. Furthermore, it is important that the calibration curves are linear, because most control systems do still use analogue control techniques.

The linearity of the curve is expressed by the determination coefficient R^2 of a linear regression through all the calibration points.

The accuracy of the sensor can be expressed by the mean deviation of the measured ventilation rate from a linear regression value over all the measuring points.

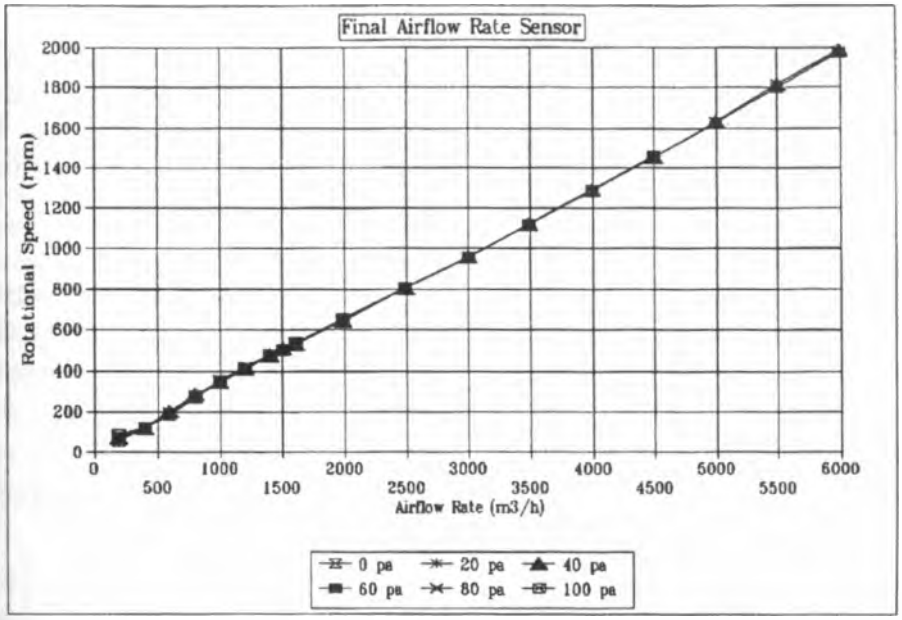


Figure 4: Calibration curve of the new airflow rate sensor

An overview of the accuracy and the linearity of the new and the previous sensor for 5 different sensor diameters, in combination with an axial fan is given in table 1.

Table 1: Accuracy and linearity of the calibration curve of the new airflow rate sensor.

	New sensor		Previous sensor	
Turbine diameter	Accuracy	Linearity	Accuracy	Linearity
350	58	0.993		
400	53	0.997		
450	45	0.999	798	0.81
500	110	0.988	968	0.71
560	92	0.998		

5.2 Time constant of the airflow rate sensor

In order to fullfil the requirements, as stated in the objectives above, the previous prototype sensor has been adapted at several levels. A major concern was the time constant of the sensor. The measured time constant of the previous prototype sensor, calculated after a step on the voltage applied to the fan, was respectively about 3.7 seconds (step up) and 6.0 seconds (step down). The time constant of an axial fan, as used for ventilation purposes is less then 3 seconds (BERCKMANS et al., 1991). To obtain a stable airflow rate with a feed-back controller however, the time constant of the sensor has to be smaller than the time constant of the fan (DORF et al., 1995).

To achieve this, the first prototype sensor has been adapted at three levels:

- It can be expected that inertia forces should be less smaller if the *weight of the turbine* blade was reduced. The amount of material and the specific weight of the materials used to produce the blades of the propeller were reduced by using synthetic materials in stead of wood. The maximal thickness of the blade was reduced 15 to 5 mm, and the blade chord was reduced from 100 to 75 mm. By doing so, the total weight of the sensor blade changed from about 700 gr. to about 280 gr. for the reference diameter of 450 mm.

- A second adaptation was done at the level of the *bearings*. A reduction of the bearings diameter and a selection of low friction bearing type resulted not only in a reduction of the time constant, but also in a reduction of minimum range from about 200 to about 50 m3/h (diameter 450).

- Finally an other *design point* was chosen for the reference diameter (500 m3/h at 125 rpm, diameter 450). This resulted in a new blade geometry and a reduction of the rotational speed of the sensor.

Based on these considerations a new prototype sensor has been produced and the time constant was measured, after a step on fan voltage. Results of the measurements of the time constant are given in figure 5.

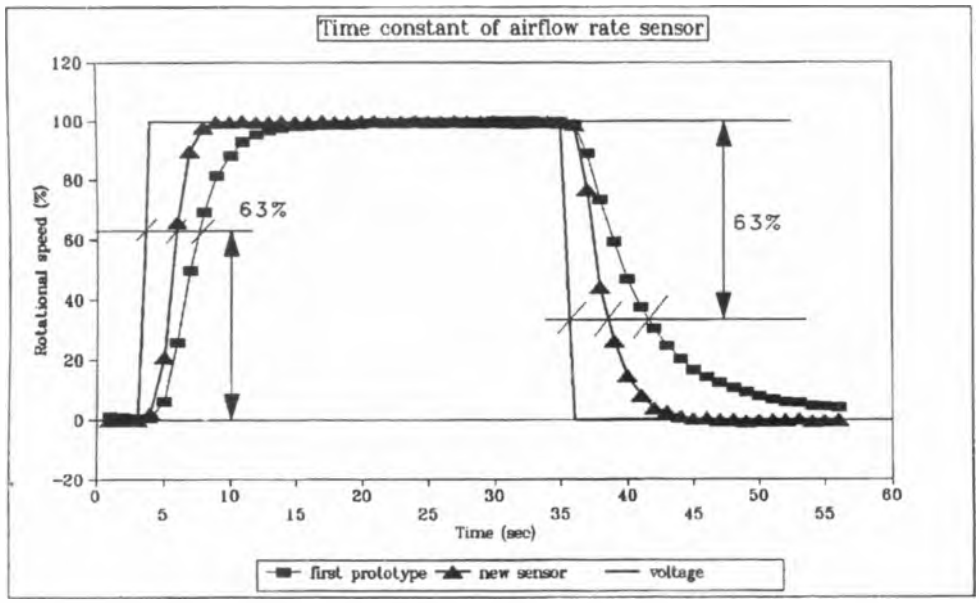


Figure 5: Comparison of the time constant of the new and the previous airflow rate sensor

The time constant of the new sensor was found to be 1.9 sec. after a step up experiment, and 2.7 sec after a step down experiment, which is a reduction of about 50% compared to the previous sensor, and the higher mentioned criterium (time constant smaller than 3 seconds) is fullfilled.

5.3 Pressure loss caused by the ventilation rate sensor

The airflow rate sensor causes an additional pressure loss over a ventilation opening. This pressure loss has to be compensated by the fans total pressure, resulting in a lower air flow rate

and a higher energy consumption at the same level of pressure difference over the ventilation unit. The maximum static pressure difference that can be produced by an axial fan has been measured and is expressed as a function of the airflow rate in figure 6. An identical curve is also given when an airflow rate sensor is added in the ventilation duct. From these data it can be concluded that the new sensor causes a much lower pressure loss (average 6.2 Pascal) then the first prototype (average 9.9 Pascal). With the first prototype sensor the fan becomes unstable in terms of produced airflow rate, if the static pressure difference to overcome increases to 60 Pascal. With the new ventilation rate sensor placed in an upstream position of the fan, a higher pressure difference (up till 72 Pascal) can be tolerated. In terms of produced airflow rate, under normal working conditions (about 40 Pascal pressure difference), a capacity reduction of about 4% was found, while the previous sensor resulted in a reduction of about 10%, which is an improvement of about 60%.

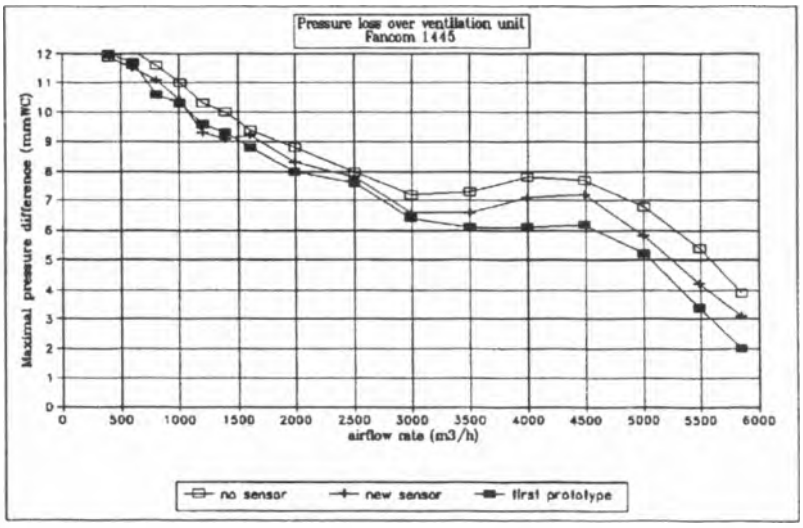


Figure 6: Influence of the first and the new sensor on the static pressure of an axial fan

6. Conclusions

A new low cost sensor for the continuous measurement of the ventilation rate in agricultural buildings has been developed. This sensor is based on the principle of a free running impeller. Compared to a previous sensor this new design resulted in the following improvements:

- The accuracy of the sensor has been improved from about 600 m^3/h to about 60 m^3/h
- The time constant of the sensor was reduced with about 50 % by using light construction materials, changing the bearings, the blade dimensions and geometry
- The pressure drop caused by the sensor was reduced from about 10 Pa to about 6 Pa

The resulting new design had the following calibration characteristics (reference diameter 450 mm):

- measuring range: 60 -6000 m3/h, 0 -120 Pascal
- accuracy: +-45 m3/h

- linearity: $R^2 = 0.99$
- time constant: less than 3 sec.
- average pressure drop: 6.2 Pascal

7. References

ADAMS, P. (1991). Effect of diurnal fluctuations in humidity on the accumulation of nutrients in the leaves of tomatoes. Journal of Horticultural Science, 545-550.

BERCKMANS, D. (1986). Analyse van de klimaatbeheersing in dierlijke produktie-eenheden ter optimalisering van de regeling. Ph.D.-thesis nr 146 K.U.leuven - Fac. Agric. sciences, 374 p.

BERCKMANS, D., DE MOOR, M., & DE MOOR, B. (1991). Fan speed control versus air flow rate control (in ventilated air spaces). Proceedings of the winter-meeting of the ASAE, pp.27.

BERCKMANS, D., VAN 'T KLOOSTER, C., & VRANKEN, E. (1992). Field test of a ventilation rate sensor in an natural ventilated livestock building. International ASAE-summer meeting, Charlotte, North Carolina, 1992, June 21

BERCKMANS, D., VANDENBROECK, P., & GOEDSEELS, V. (1991). Sensor for continuous ventilating rate measurement in Livestock Buildings. Journal of Indoor Air, pp.323-336.

BERCKMANS, D., VRANKEN, E., GEERS, R., & GOEDSEELS, V. (1988). Efficiency of climate control equipment in pig houses. Farm Building Progress, July 1988, pp.15-22.

BS 848 PART 1. (1980). Britisch Standard Institution. Fans for General purposes. Part 1: Methods of testing and performance. 80 pp.

CARPENTER.G.A. (1974). Ventilation of buildings for intensively housed livestock. In: Heat loss from animals and man. Monteith J.L., Mount L.E., Butterworths, London, p.389-403.

CARR, L. E. ,. W. W., & DOUGLAS, L. W. (1990). Empirical models to determine ammonia concentrations from broiler chicken litter. Trans. of the ASAE, pp.1337-1342.

CHALLA, H. (1990). Crop growth models for greenhouse climate control. In: R. Rabbinge, J.Goudriaan, H. Van Keulen, F.W.T.Penning de Vries & H.H. Van Laer (eds), Theoretical production ecology: reflections and prospects. Simulation monographs, 34 Wageningen, pp.125-145.

DEMMERS. (1996). Ventilation of Livestock Buildings and Ammonia Emissions. Phd-thesis University of Nottingham, UK, (In preparation)

DIN 1952. (1952). Deutsche Normen. Durchfluszmessung mit genormten Dusen, Blenden und Venturidusen. 13 pp.

DORF R.C. (1989). Modern control systems. Addison Wesley, New York, 493 p.

GEERS, R., BERCKMANS, D., GOEDSEELS, V., WIJNHOVEN, J., & MAES, F. (1984). A case study of fattening pigs in Belgian contract farming. Mortality, efficiency of food utilization and carcass value of growing pigs, in relation to environmental engineering and control. Animal Production, pp.105-11.

GEERS, R., BERCKMANS, D., GOEDSEELS, V., MAES, F., SOONTJES, J., & MERTENS, J. (1985). Relationships between physical characteristics of the pig house, the engineering and control system of the environment and production parameters of growing pigs. Anales de zootechnie, pp.11-22.

MAES, F., GEERS, R., VRANKEN, E., GOEDSEELS, V., & BERCKMANS, D. (1988). Environment control for growing finishing. Pig International, p.6-8.

MONTEITH, J. L., & MOUNT, L. E. (1974). Heat loss from animal and man. Butterworths, London,

MOUNT, L. E. (1968). The climatic physiology of the pig. Edward Arnold, London,

NBN 688 NI. (1966). Belgische norm. Derbietmeting van fluida door drukvalapparaten - Algemeen. 32 pp.

NI,J.-Q., BERCKMANS,D., VRANKEN,E., COENGRACHTS,J. (1994). A simulation model to evaluate ammonia emission from pig house. Proceedings of European Simulation Symposium ESS 94. Istanbul, Turkey, October 9-12. Kaylan, A.R. et al. (Eds), pp. 13-15.

RANDALL, J. M. (1975). The prediction of Airflow Patterns in Livestock Buildings. J. Agric. Engng.Res., p.119-215.

UDINK TEN CATE, A. J. (1985). Modelling and (adaptive) control of greenhouse climates. Ph.D. Thesis Landbouwhogeschool Wageningen, The Netherlands, p.159.

VAN BREEMEN, N.; BURROUHG, P. A.; VELTHORST, E. J.; VAN DOBBEN, H. F.; DE WIT, TOKE; RIDDER, T. B.; REIJNDERS, H. F. R. Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy throughfall. Nature. 1982; Vol. 299(20 October): pp 548-550.

VAN HENTEN E.J. (1994). Greenhouse climate management: an optimal approach. Dissertation Wageningen Agricultural University, 329 pp.

VERSTEGEN, M. W. A., BRASCAMP, E. W., & VAN DER HEL, W. (1978). Growing and fattening of pigs in relation to temperature of housing and feeding level. Canadian Journal of Animal Science, pp.1-13.

Reduzierung der Ammoniak- und Geruchsemissionen aus der Tierhaltung durch biologische Abluftfilter

HARTUNG, EBERHARD[1]; WOLFGANG BÜSCHER[2]; THOMAS JUNGBLUTH[1]

[1]Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landw. Bauwesen, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart;

[2] seit 01.11.1996 Institut für Agrartechnik und Landeskultur; Verfahrenstechnik der Tierproduktion und Bauwesen der Landwirtschaft, Universität Halle-Wittenberg; 06108 Halle

1 Einleitung

Aus Stallanlagen werden vorrangig Geruchsstoffe und Ammoniak freigesetzt. Für die Emissionsminderung beider Stoffgruppen stehen unterschiedlich wirksame Maßnahmen zur Verfügung. Bei diesen biologischen Abluftluftreinigungsverfahren (Biofilter / Biowäscher) wurde bereits eine Geruchsminderung nachgewiesen (MANNEBECK, 1994). Für in der Tierhaltung eingesetzte Biofilter besteht derzeit noch Forschungsbedarf über den Grad der Emissionsminderung von Ammoniak, die darauf einwirkenden Haupteinflußfaktoren und über die auftretenden Verfahrenskosten. Ziel der laufenden Untersuchungen ist daher die Bereitstellung dieser Daten und eine ökonomische Wertung der Abluftaufbereitung durch Biofilter.

2 Kenntnisstand

Das Funktionsprinzip biologischer Abluftreinigungsverfahren beruht auf dem Abbau (unerwünschter) anorganischer und organischer Abluftinhaltsstoffe, insbesondere geruchsintensiver Stoffe, durch Mikroorganismen. Die Aktivität der Mikroorganismen ist stark wassergebunden. Daher müssen die zu absorbierenden Stoffe von der Luft in das Wasser übertragen werden (BRAUER, 1984). Um sich dieses Funktionsprinzip der biologischen Abluftreinigung durch technische Verfahren zu Nutze zu machen, muß eine möglichst große, feuchte Oberfläche vorhanden sein. Diese Oberfläche dient zur Absorption der Abluftinhaltsstoffe und stellt die Wirkoberfläche dar, auf der sich eine Mikroorganismenpopulation zum nachfolgenden Abbau der Abluftinhaltsstoffe ansiedeln kann. Durch die Entwicklungen auf dem Gebiet der biologischen Abluftreinigung sowie durch mögliche Kombinationen von Verfahren ist die ursprüngliche klare Trennung in Grundtypen nicht mehr zweckmäßig. Die wichtigsten verfahrenstechnischen Merkmale der gängigen Typen der biologischen Abluftreinigung sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Verfahrenstechnische Merkmale der gängigen biologischen Abluftreinigungssysteme (LAIS, 1996)

	Biofilter	Biowäscher	Rieselbettreaktor
Mikroorganismen	fixiert	suspendiert	fixiert + suspendiert
Ort der Absorption der Schadstoffe	Filtermaterial	Füllkörper	meist inertes Filtermaterial
Ort der Regeneration des Trägermediums	Filtermaterial	Belebungsbecken	Filtermaterial und Belebungsbecken
Austausch der Mikroben-aufwuchsfläche nötig	ja	nein	nein
apparativer Aufwand	niedrig	hoch	hoch
Vorkonditionierung der Abluft nötig	ja	nein	nein, jedoch von Vorteil
Stoffübergang bei schlecht wasserlöslichen Stoffen	relativ hoch	gering	gering
bei Stillstandszeiten Nähr-stoffversorgung der Mikroben notwendig	nein	ja	ja

3 Material und Methode

Eine Bestandsaufnahme der in der landwirtschaftlichen Praxis in Süddeutschland (Baden-Württemberg und Bayern) vorkommenden Biofilter hat gezeigt, daß dort nahezu ausschließlich die Bauform eines Flächenfilters nach ZEISIG, 1993 verbreitet ist. Bei dieser Bauform findet eine Vorkonditionierung der Rohluft (trockene Entstaubung) durch Filtermatten statt. Zur Befeuchtung des Filterbetts werden oberhalb des Filters angebrachte Düsenstöcke verwendet, die im allgemeinen manuell bedient werden müssen. Der Einsatz von Befeuchtungsautomaten zur Regelung der Filterbettfeuchte hat sich in der Praxis noch nicht durchgesetzt.

Die Versuche wurden parallel an den zwei Biofiltern des Bildungszentrums für Landwirtschaft und Umwelt in Triesdorf durchgeführt. Die verfahrenstechnischen Kenndaten der untersuchten Biofilter sind Tabelle 2 zu entnehmen. Sie entsprechen in bezug auf ihre Dimensionierung, ihren Aufbau und ihren Betrieb, den in Süddeutschland gegenwärtig vorhandenen Biofiltern an landwirtschaftlichen Schweineställen.

Abbildung 1 zeigt den Versuchsaufbau und die Anordnung der verschiedenen Meßpunkte. Für die direkte und kontinuierliche Bestimmung der Ammoniakkonzentration wird ein auf 60 °C thermostatisiertes Gasanalyse-Gerät verwendet. Um einer eventuellen Kondensatbildung in den Meßschläuche zur Luftprobennahme entgegenzuwirken, werden alle Schläuche beheizt (KECK, 1997). Zur Ermittlung der Geruchsminderung werden wöchentlich Geruchsproben vor und nach den Biofiltern gezogen (Analyse mittels Olfaktometer TO6). Die Höhe der Abluft bzw. Fortluft-Volumenströme wird durch groß dimensionierte Flügelrad-Volumenstromsensoren (Meßventilatoren) ermittelt.

Tab. 2: Verfahrenstechnische Kenndaten der zwei untersuchten Biofilter

Verfahrenstechnische Kennwerte	Biofilter 1	Biofilter 2
Filterfläche in [m^2]	18 (3,0 m x 6,0 m)	30 (3,0 m x 10,0 m)
Filtermaterial-Schütthöhe in [m]	$0,50^1/0,28^2$	$0,50^1/0,28^2$
maximaler Rohluftvolumenstrom nach DIN 18910 in [m^3/h]	6800	10200
maximale Filtervolumenbelastung in [m^3/m^3 h]	$756^1/1360^2$	$680^1/1214^2$
Ventilator	Axial - 380 V - 1,62 kW - 3,1 A	Axial- 380 V - 1,62 kW - 3,1 A
Maße der Druckkammer (h*b*l) in [m]	2,0*1,5*6,0	2,0*1,5*10,0
Rohluftkonditionierung	Trockenenstaubung	Trockenenstaubung
Filtermattenfläche in [m^2]	7,8	13,0
Filterrostmaterial	Holz-Dachlatten	Holz-Dachlatten
Art des Filtermaterials	Kokosfaser-Fasertorf-Gemisch	Kokosfaser-Fasertorf-Gemisch
Alter des Filtermaterials in [a]	6,5	6,5
Filterbettbefeuchtung	manuell (Düsenstock)	manuell (Düsenstock)

[1]Ausgangs- bzw. Planungswert bei Inbetriebnahme des Filters; [2]Aktueller Wert nach 6,5 Jahren Filterbetrieb

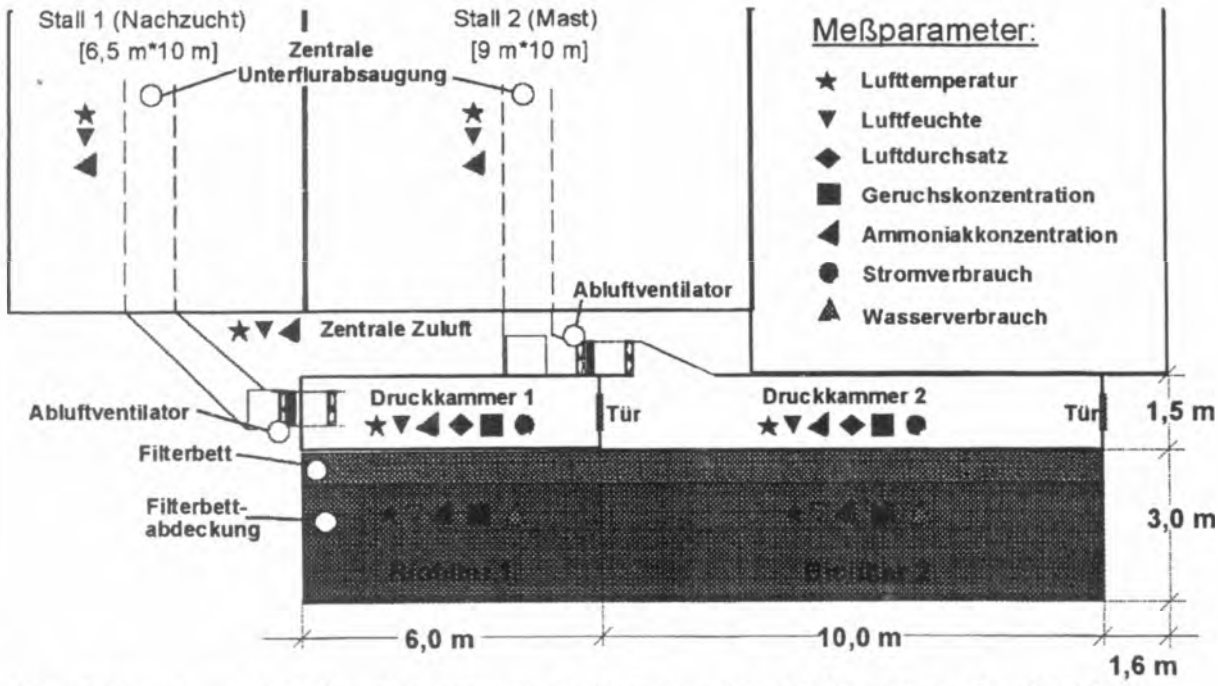


Abb. 1: Anordnung der Meßpunkte/-sensoren an der untersuchten Biofilteranlage (Draufsicht)

Zur Steuerung des Meßablaufs sowie zur Sicherung der Meßdaten wird ein bewährtes Meßwerterfassungssystem benutzt (HARTUNG, 1995). Damit auch nach den Biofiltern eine repräsentative und unbeeinflußte Probennahme von Ammoniak- und Geruchskonzentration möglich ist, wurden die beiden Biofilter bis auf einen ausreichend dimensionierten Abluftspalt eingehaust.

Um zu überprüfen, ob durch die Einhausung der Biofilteranlage eine Vermischung der Reinluftströme vermieden und eine genaue Bilanzierung der Massenströme an Ammoniak und Geruch erreicht werden kann, wurde ein einwöchiger Vorversuch durchgeführt. Hierbei wurde Biofilter 1 eine Woche lang im Standardbetrieb (d.h. Betrieb ohne zusätzliche technische Veränderungen) gefahren. Bei Biofilter 2 wurde hingegen die Druckkammertür an der Außenwand ausgehängt. So konnte erreicht werden, daß die Abluft aus Stall 2 - dem Weg des geringsten Widerstands folgend - am Biofilter 2 vorbei, direkt nach außen gelangte (vgl. Abb. 1). Daher wurde Biofilter 2 nicht mit Rohluft versorgt. Wenn eine Vermischung der Fort- bzw. Reinluftströme der beiden Filter ausgeschlossen werden kann und keine Rohluft mehr in Filter 2 gelangt, dann muß der Ammoniak-Abscheidegrad für Biofilter 2 theoretisch einen Wert von 100 % annehmen. Für die Dauer des Vorversuchs wurde bei Biofilter 2 ein durchschnittlicher Abscheidegrad von fast 98 % ermittelt. Die Differenz von 2 % ist u.a. durch die Auflösung (etwa 0,15 ppm) des verwendeten Gasanalysegerätes bedingt.

Der Vorversuch konnte somit beweisen, daß durch die Einhausung der Biofilteranlage und mit Hilfe des verwendeten Meßaufbaus und Meßsystems repräsentative Ergebnisse mit einer sehr hohen Genauigkeit erfaßt werden können.

4 Ergebnisse

In den Hauptversuchen wurden die jeweiligen Biofilter zunächst in Abhängigkeit vom Alterungsgrad des Filtermaterials untersucht und verglichen. Hierzu dienen die beiden acht bzw. zehnwöchigen Messungen im Standardbetrieb, in denen noch keine technischen Veränderungen durchgeführt werden. Im Anschluß daran werden Modifikationen an den Biofiltern vorgenommen, die einen positiven Einfluß auf die Abscheideleistung und/oder den Energieverbrauch erwarten lassen (Tab. 3). Die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die erste Meßperiode; die zweite Meßperiode läuft derzeit.

Tab. 3: Übersicht der durchzuführenden Parallel-Messungen an den beiden Biofiltern des Bildungszentrums für Landwirtschaft und Umwelt in Triesdorf

Messung	Ziel bzw. Art der Untersuchung	Zeitraum in Wochen
Vorversuch	• Überprüfung der Eignung und Genauigkeit der Meßmethode	1
1. Meßperiode	• Standardbetrieb (altes Filtermaterial)	10
2. Meßperiode	• Standardbetrieb (neues Filtermaterial) • Modifikationen	8 4

In der ersten Meßperiode lagen die Werte für die *Filterflächen-* und die *Filtervolumenbelastung* bei beiden Biofiltern sehr eng beieinander. In der Versuchswoche mit den höchsten Abluftvolumenströmen wurden Filtervolumenbelastungen von über 1000 m^3/m^3 h er-reicht (Tab. 4). Die in der VDI-RICHTLINIE 3477 festgelegte Empfehlung zur Filtervolumenbelastung liegt bei 580 m^3/m^3 h. Aufgrund der höheren Tierbelegung, wurde in der Abluft (Rohluft) von Stall 2 durchgängig ein wesentlich höherer *Massenstrom an Ammoniak* [g NH_3/h] festgestellt. Die Werte für die *spezifischen Filterbelastung* der zwei Biofilter lagen hingegen eng beieinander, da beide Biofilter auf der Grundlage gleicher Kennwerte dimensioniert wurden (Tab. 4).

Tab. 4: Übersicht der für die ersten 8 Wochen ermittelten verfahrenstechnischen Kennwerte von Biofilter 1 und 2

Verfahrenstechnischen Kennwerte	Einheit	Biofilter 1	Biofilter 2
Filterflächenbelastung	[m^3/m^2 h]	980 - 309	133 - 311
Filtervolumenbelastung	[m^3/m^3 h]	353 - 1113	485 - 1132
Massenstrom an Ammoniak	[g/h]	10 - 35	48 - 73
Spezifische Filterbelastung	[mg/m^3 h]	1814 - 6535	2679 - 8262

Bei dem 6,5 Jahre altem Filtermaterial lag die durchschnittliche wöchentliche Ammoniakabscheidung bei Biofilter 1 zwischen -11 % und +26 %, bei Biofilter 2 zwischen +3 % und +47 %. Die Ursache für die recht niedrigen Abscheidegrade liegt im wesentlichen an der zu hohen Filterbelastung (vgl. Tab. 4), welche die Verweilzeiten im Filterbett so kurz werden ließ, daß sie für einen optimalen mikrobiellen Abbau nicht mehr ausreichen. Bei Biofilter 1 kam es deshalb sogar zeitweise zur Desorption von Ammoniak. Der Luftvolumenstrom stellte sich bei beiden Biofiltern als der Haupteinflußfaktor auf die Ammoniakabscheidung heraus, wie Abbildung 2 für Biofilter 2 beispielhaft zeigt.

Die Geruchsabscheidung lag in der ersten Meßperiode bei Biofilter 1 zwischen +37 % und +88 %, bei Biofilter 2 zwischen +58 % und +95 %. Im Durchschnitt wurde bei beiden Biofiltern ein Abscheidegrad von 80 % ermittelt. Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei der Ammoniakabscheidung ergab sich bei der Geruchabscheidung keine eindeutige Beziehung zum Rohluftvolumenstrom. Für beide Biofilter konnte ein linearer Zusammenhang zwischen der Geruchskonzentration in der Rohluft und der spezifischen Reinigungsleistung nachge-wiesen werden (Abb. 3). Eine Erhöhung der Geruchskonzentration in der Rohluft bewirkte ein Ansteigen der spezifischen Reinigungsleistung. Dies bedeutet für beide Biofilter, daß ihre maximale mikrobielle Abbaurate von Geruchstoffen unter den vorliegenden Versuchsbedingungen noch nicht erreicht wurde.

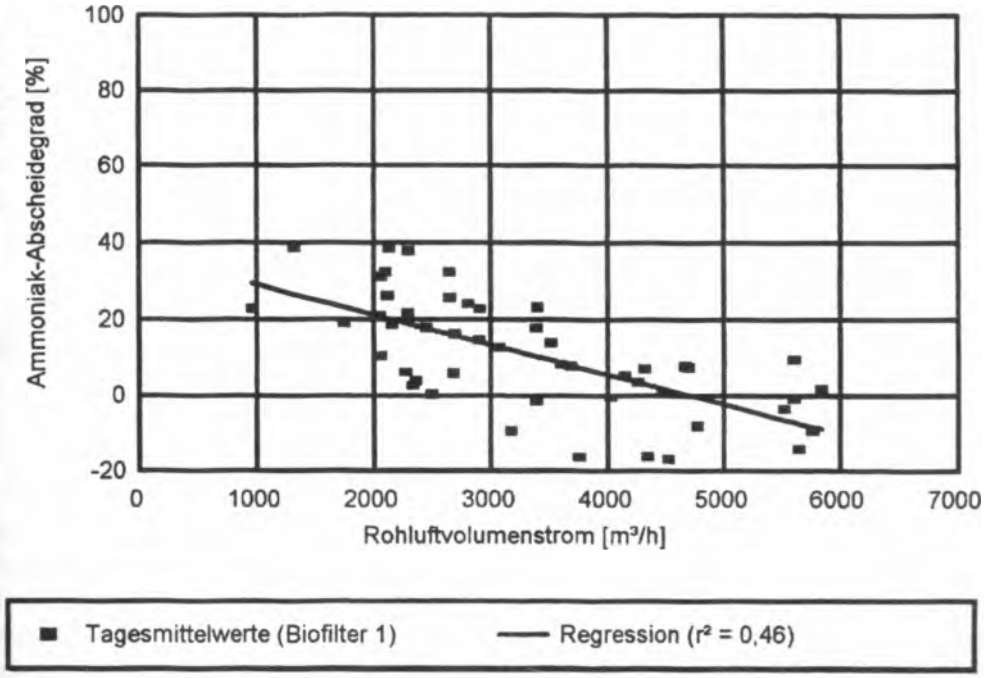


Abb. 2: Abscheidegrad an Ammoniak von Biofilter 1 im Abhängigkeit vom Rohluft-volumenstrom (Tagesmittelwerte)

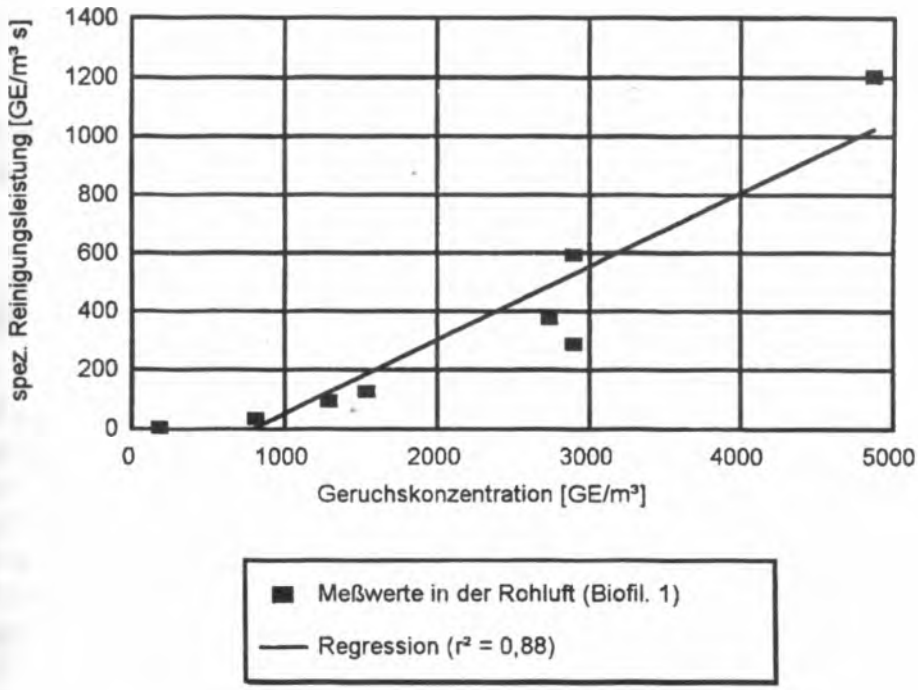


Abb. 3: Verlauf der spezifischen Reinigungsleistung an Geruch in Abhängigkeit von der Geruchskonzentraion in der Rohluft von Biofilter 1

5 Zusammenfassung

Die Versuche zur Bestimmung der Höhe der Ammoniak- und Geruchsabscheidung wurden parallel an den zwei Biofiltern des Bildungszentrums für Landwirtschaft und Umwelt in Triesdorf durchgeführt. Die bisherigen Ergebnisse machen deutlich, daß lediglich Langzeitmessungen mit einer kontinuierlichen Datenerfassung zur Untersuchung und Bewertung von Biofiltern geeignet sind. Der Vorversuch konnte nachweisen, daß für eine exakte Bilanzierung der Massenströme von Ammoniak bzw. Geruch eine Einhausung der Biofilter notwendig ist und Ergebnisse mit einer sehr hohen Meßgenauigkeit erfaßt werden können.

Der für die erste Meßperiode berechnete durchschnittliche Abscheidegrad von Ammoniak lag mit etwa 8 % (Biofilter 1) und 34 % (Biofilter 2) recht niedrig. Es wurde deutlich, daß der Abscheidegrad von Ammoniak in einem hohen Maß von der durchgesetzten Rohluftmenge (Filterbelastung) und damit von der Passagegeschwindigkeit abhängig ist. Der Abscheidegrad von Geruch zeigte dagegen bei den untersuchten Biofiltern keine Abhängigkeit vom Rohluftvolumenstrom. Während der gesamten ersten Meßperiode bewegte sich der Abscheidegrad auch bei hohen Filterbelastungen in einem Bereich von 60 % bis 90 %. Für die beiden untersuchten Biofilter bedeutet dies, daß sie bei der vorliegenden Dimensionierung noch mit höheren Geruchsbelastungen beaufschlagt werden könnten. Dies ist ein wichtiger ökonomischer Hinweis für die Dimensionierung von Biofiltern bezüglich des Abscheidegrades an Geruch.

6 Literatur

BRAUER, H. (1994) : Biologische Abluftreinigung. Chem.-Ing.-Tech. 56, Heft Nr. 4 S. 279-286

HARTUNG, E. (1995): Entwicklung einer Meßmethode und Grundlagenuntersuchung zur Ammoniakfreisetzung aus Flüssigmist. Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG) 275, Dissertation, Hohenheim

KECK, M. (1997): Beeinflussung von Raumluftqualität und Ammoniakemissionen aus der Schweinehaltung durch verfahrenstechnische Maßnahmen. Dissertation (erscheint 1997) eingereicht bei Fakultät IV der Universität Hohenheim

LAIS, S. (1996): Untersuchungen zur Reduzierung der Ammoniak- und Geruchsemissionen aus der Schweinehaltung durch biologische Abluftwäscher. Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG) 293, Dissertation, Hohenheim

MANNEBECK, D. (1994): Biofilter an Schweineställen. Analyse der Wirkungsweise und Konsequenzen. Forschungsbericht Agrartechnik (MEG) 260, Dissertation, Kiel
VDI-RICHTLINIE 3477 (Entwurf 1989): Biologische Abgas-/ Abluftreinigung durch Biofilter. Beuth Verlag, Berlin

ZEISIG, H.D. et al (1993): Biofilter für Tierhaltungen. Dimensionierung - Bau - Betrieb. Landtechnik-Bericht, Heft Nr. 4, Weihenstephan

Testing of a biofilter to reduce ammonia emission from pig houses

HENDRIKS JOS[1]; DANIEL BERCKMANS [1,2];
CHRISTIAAN VINCKIER [3]; JIQIN NI [1]

[1] Laboratory for Agricultural Building Research, Katholicke Universiteit Leuven, Kardinaal Mercierlaan 92, 3001 Heverlee, Belgium

[2] National Fund for Scientific Research, Belgium

[3] Laboratory for Analytical and Inorganic Chemistry, Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnenlaan 200F, 3001 Heverlee, Belgium

1 Introduction

Higher ammonia concentrations in the outside air are generally considered as partly produced by livestock buildings and are a negative aspect for intensive animal production. High ammonia emissions into the atmosphere are associated with ecological problems and environmental damage (Buijsman en Erisman, 1988; Roelofs en Houdijk, 1991). Ammonia emissions are also assumed to cause a reduction of the effect of fertilisers applicated to the open field (Pain et al., 1990). A relation between high ammonia emissions and complains of odorous air is a big obstacle to obtain a production licence as reported in literature (Pain en Misselbrook, 1991). The ammonia concentration inside the animal houses seems to increase with the intensification of the production and can become a potential threat to the health of man and animal (Carr et al., 1990). The reduction of the NH_3-concentration of the inside air and the NH_3-emission via the ventilation air has become an important goal for agricultural. Not only for the environment but also for the well-being of man and animal and probably also to improve the production results (Anonymous, 1990; Verstegen et al., 1976). The question arises whether biofiltering is an efficient technique to reduce the ammonia emission of animal houses.

In the past a lot of research on the efficiency of biofilters to reduce ammonia and odour emission has been performed. In this paper we will focus on the capacity of biofilters to reduce the ammonia emission. Biofilters are designed to capture the ammonia out of the air by converting it to nitrate by Nitrosomonas and Nitrobacter bacteria. In this paper we consider a biofilter as a combination of a bioscrubber and a biobed.

In a bioscrubber the ammonia is captured in water spread over a packing-tower to enlarge the contact surface between the water and the air polluted with ammonia. The water trickles from the top of the packing tower into the activated sludge basin. The micro-organism in this water are sensitive to the concentration of free NH_3 and free HNO_2 in the water and consequently to the pH of the water (Scholtens et al., 1991; Mouwen et al., 1995). Due to the accumulation of nitrogen compounds in the activated sludge it is necessary to refresh the water to secure the nitrification process. One can conclude from literature that the efficiency of biofilters to reduce the ammonia emission can be up to 95% (Colanbeen et al., 1992). However the high costs (7 ECU to 15 ECU per finished pig) involved with this technique prevent a widespread use of bioscrubbers (Büsher et al., 1996).

In a biobed the micro-organism grow on a filter medium, mostly composed of materials like peat, spruce needles, bark, ... The polluted air is pumped through this filter medium and cleaned through the bio-activity of these materials. The efficiency of a biobed to reduce ammonia emission, up to 100%, is mainly influenced by the air flow rate and the humidity of

the filter material (Saether et al., 1991; Den Hartog et al., 1994). The costs involved with biobeds are comparable with the costs of bioscrubbers (Den Hartog et al., 1994).

2 Objectives

The objectives of this study are:

- to test a commercial available biofilter for its capacity to reduce the ammonia emission from pig houses;
- to perform a technical and economical evaluation of this biofilter.

3 Method

In a commercial fattening pig house with a mechanical ventilation system in Riemst, Belgium, a field test installation was build to study the ammonia emission from the house (Figure 1). Ammonia concentrations in 4 compartments and in the outside air were measured every 12-minutes. The measurement of the ammonia concentration was realised using the in-situ conversion of NH_3 to NO_x with subsequent analysis by NO_x analyser (accuracy: ± 0.5 ppb). The ventilation rate was measured continuously with a low-cost ventilation rate sensor developed at the Laboratory of Agricultural Buildings Research. Its accuracy is +/- 60 m^3 in a measurement range from 200 to 5000 m^3/h and for pressure differences from 0-120 Pa (Berckmans et al., 1991). Other variables were measured every second and the mean value was stored every 12-minutes. They include air temperature (inside and outside the compartments, and above the manure), relative humidity (inside and outside the compartments), temperature of the manure, ... To test the efficiency of the biofilter the ammonia concentration of the air entering the biofilter as well as the concentration of the air leaving the biofilter was measured. The temperature of the biobed and the pH of the water in the activated sludge basin were measured in the biofilter. From May 1994 to April 1995, one year of dynamic data were retrieved from the continuous field measurements.

The measurements were performed in 4 identical compartments. In compartment 1 a manure additive was tested. The ventilation air of compartment 2 was led through the biofilter. Compartment 3 and 4 are control compartments. Through a data-logging system the measurement data are recorded automatically every 12 minutes and send by modem to the laboratory for data processing.

The fattening pig house has only piglets of the 'Piëtrain' breed and are all produced in this farm. The piglets are brought into the compartment at a weight of 35 kg and are fattened to a weight of 105 kg.

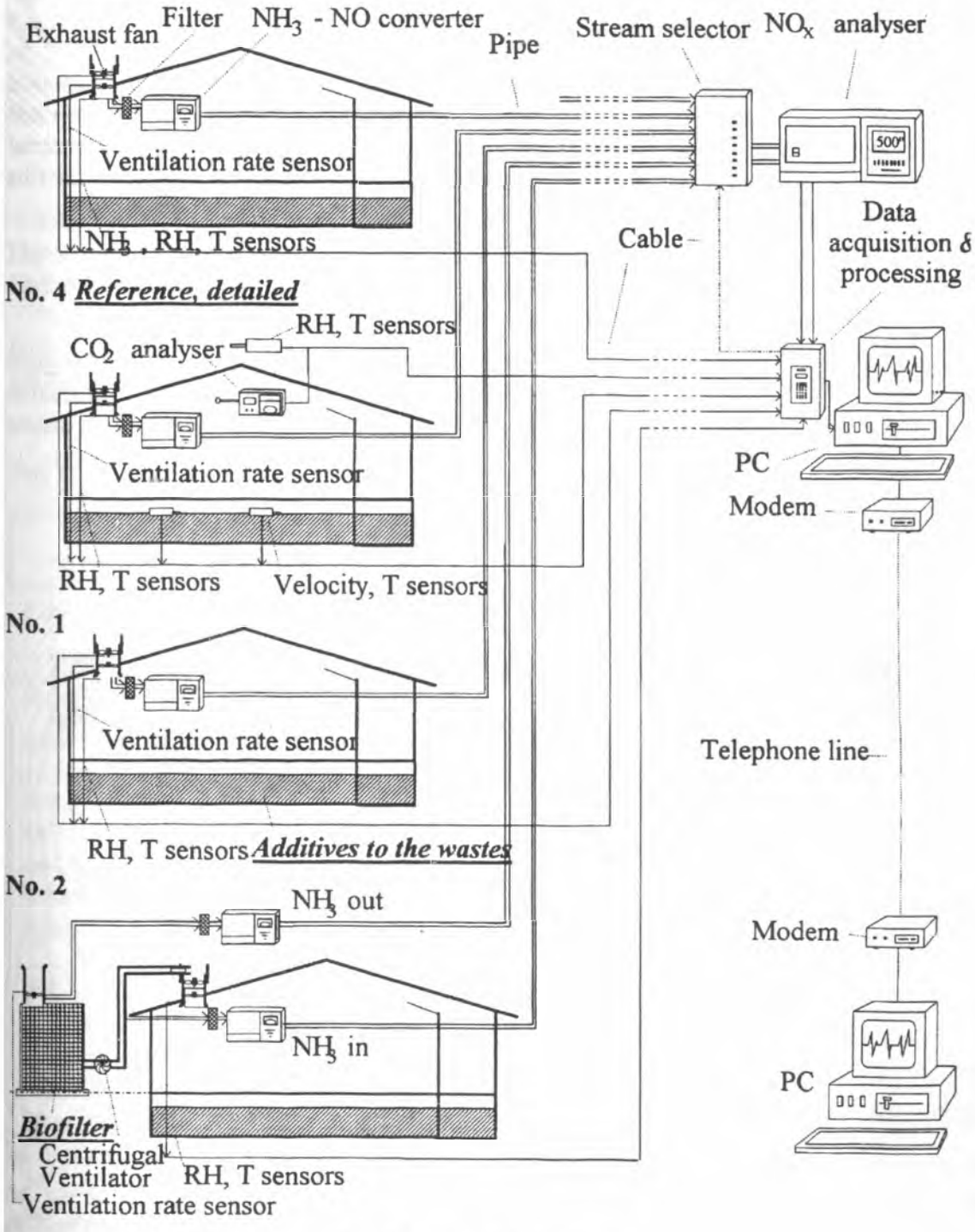


Figure 1:Field installation to test the efficiency of the biofilter

4 Results and discussion

The biofilter tested is a combination of a bioscrubber and a biobed. The filter is build in a standard ISO 40 ft container (Figure 2). This biofilter is used in many industrial application and was not adapted for the use in pig houses. Due to the higher degree of pollution of industrial gasses compared with the gasses of livestock houses the biofilter was overdimensioned for this application.

The activated sludge is spread over the packing tower with a flow rate of 10.000 l/h. The pH of the activated sludge is automatically controlled in the range from 6.5 to 7.5. The flow rate of the fresh water added to the activated sludge was controlled manually.

The filter medium of the biobed is a mixture of selected treebark and compost. The biological activity is comparable with conventional compost but through the mixture of fine and coarse pieces of bark and the compost, the resistance of the air can be kept low. The static pressure drop of the complete biofilter is 160 Pa at a air flow rate of 4500 m^3/h (maximum capacity).

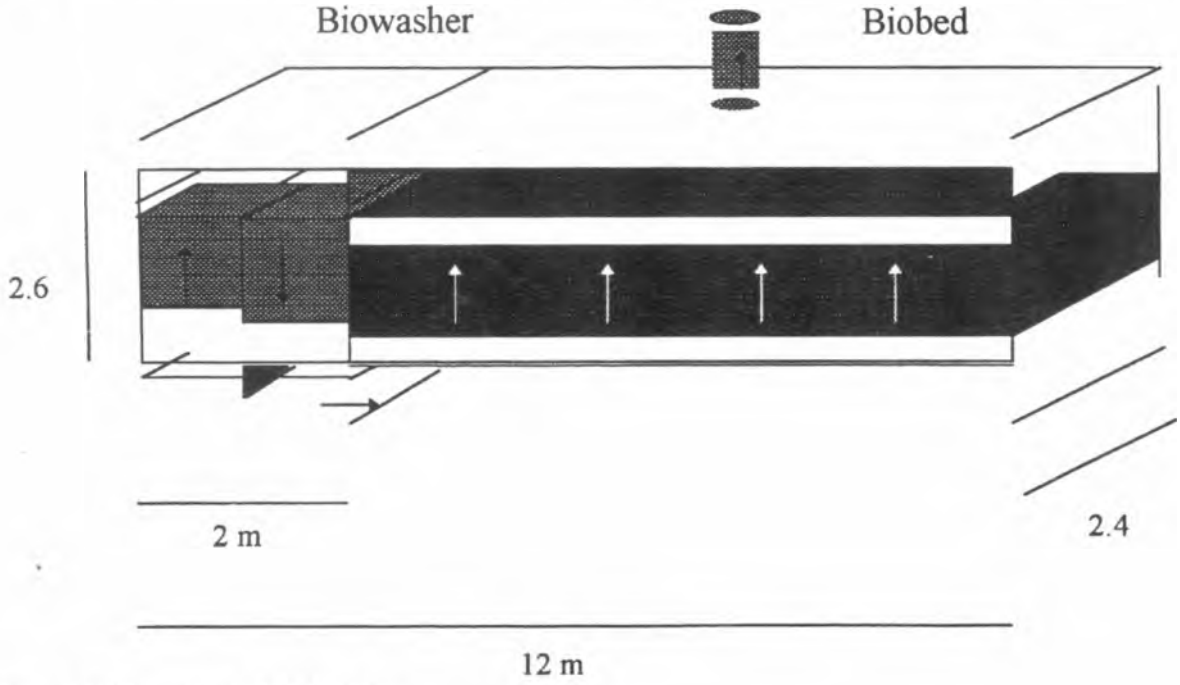


Figure 2. Dimensions of the biofilter

To test the efficiency of the biofilter three test periods are considered. Table 1 gives an overview of the results. These results show that the ammonia emission reduction efficiency is more than 90% for the three periods. Through a statistical analysis of these results, it was tried to identify the most determining parameters for this efficiency. However, the low ammonia concentration of the air leaving the biofilter is an illustration of the fact that the biofilter is overdimensioned. In addition the low variance on these concentrations, make it impossible to identify the determining parameters of the efficiency of the biofilter.

Table 2 gives an overview of the concentrations of N-compounds in the activated sludge. The concentrations of NH_4^+, NO_3^- and NO_2^- were measured spectrophotometricly. The concentrations of free NH_3 and free HNO_2 are calculated (pH and dissociation constant). Based on Mouwen et al. (1995) the periods during which an inhibition of the micro-organisms

can be expected are selected (free NH_3 concentration > 150 mg/l for Nitrosomonas and > 1 mg/l for Nitrobacter, free HNO_2 > 2.8 mg/l for both populations). These calculations show that the Nitrobacter populations, responsible for the conversion of NO_2^- to NO_3^-, is inhibited in 19 of the 30 samples. The Nitrisomonas is less sensitive to these conditions (3 samples with inhibition). Consequently during most periods the concentration of NO_3^- was low compared to the concentration of NH_4^+ and the concentration of NO_2^- was rather high compared to the concentration of NH_4^+. This high NO_2^- concentration can be avoided through a higher flow rate of the fresh water added to the activated sludge or an extra nitrification/denitrification reactor.

Taking into account the concentration of N-compounds and the flow rate of the refreshing water, the total amount of N digested by the bioscrubber can be calculated. For the period of 15/5/94 to 1/12/94 the bioscrubber removed 4336 moles of N through the activated sludge or 77% of the N removed from the air by the complete biofilter. Probably, the efficiency of the bioscrubber is even higher because the N incorporated into the organic matter of the activated sludge is not taken into account (not measured).

Tab. 1: Average values and standard deviations of biofilter measurement parameters

	Biofilter in	*Biofilter out*	*Biofilter in*	*Biofilter out*	*Biofilter in*	*Biofilter out*
Period	*15-05-94 to 11-08-94*		*12-08-94 to 15-09-94*		*14-12-94 to 09-03-95*	
NH_3 conc. (ppm)	15.8 (7.7)	0.9 (0.2)	9.2 (2.8)	0.5 (0.2)	21.2 (6.1)	2.2 (1.2)
Air flow rate (m^3/h)	2077 (925)		2570 (501)		2406 (107)	
Emission (g/h)	22.9 (13.6)	1.2 (0.3)	16.7 (4.8)	1.3 (0.4)	35.7 (9.7)	3.6 (2.0)
pH activated sludge			6.6 (0.8)		7.0 (0.6)	
Temperature biobed (°C)			18.8 (1.7)		12.6 (2.3)	

Due to the overdimensioning high costs were involved with this biofilter. An economical evaluation showed a total cost of 60 ECU per finished pig. The high investment (45.000 ECU) and the high energy cost (high pressure drop across the biofilter) caused these high costs. However, without the biobed the capacity to reduce the ammonia emission is still more than 77%. Taking into account the lower investment for the bioscrubber and the lower energy cost (through a lower pressure drop) the bioscrubber involves a cost of 25 ECU per finished pig. This cost can be lowered to the costs reported in literature through the right dimensioning of the bioscrubber.

Tab. 2. Concentrations of N-compounds, pH and refreshing of the activated sludge and periods of inhibition of bacteria

Date	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	pH	NH_3	HNO_2	Nitriso-monas	Nitro-bacter	flow rate fresh water
	(mg/l)	*(mg/l)*	*(mg/l)*		*(mg/l)*	*(mg/l)*	*inhibition*	*inhibitio*	*l/u*
16/3/94	10	5	0	7.3	0.10	0			216
22/3/94	29	5	0	7.3	0.30	0			216
29/3/94	27	5	0	7.5	0.45	0			216
6/4/94	289	2	1	8.3	30.25	< 0.001			8
20/4/94	359	1	0	8.1	23.71	0			9
26/4/94	402	2	2	8.1	26.55	< 0.001			10
5/5/94	600	1	305	7.2	4.99	0.066			7
10/5/94	520	55	400	6.3	0.54	0.086			7
16/5/94	455	9	489	6.7	1.19	0.106			7
2/6/94	785	62	848	6.8	2.60	0.184			7
6/6/94	786	95	825	6.8	2.60	0.179			7
14/6/94	1200	170	1250	6.6	2.51	< 0.001			13
28/6/94	1270	205	1350	6.8	4.20	< 0.001			12
12/7/94	139	5	350	6.8	0.46	< 0.001			30
26/7/94	199	20	348	6.7	0.52	< 0.001			80
4/8/94	93	29	216	6.2	0.08	< 0.001			48
11/8/94	214	68	322	6.6	0.45	< 0.001			81
2/9/94	229	55	345	6.7	0.60	< 0.001			30
8/9/94	198	46	294	6.8	0.66	< 0.001			26
13/9/94	222	89	241	6.6	0.46	< 0.001			30
23/9/94	211	14	2	8.2	17.55	< 0.001			33
28/9/94	156	5	63	8.2	12.97	< 0.001			30
4/10/94	227	0.01	276	7.4	2.99	< 0.001			29
27/10/94	1155	0.01	1212	7.2	9.60	< 0.001			38
10/11/94	2090	0.01	2200	7	10.97	< 0.001			15
22/11/94	2600	0.01	1910	7.3	27.22	< 0.001			10
8/12/94	2710	0.01	2870	7.8	89.72	6.239			6
21/12/94	2675	0.01	2650	7.2	22.24	5760.8			3
4/1/95	1110	0.01	500	8.6	231.8	< 0.001			18
13/1/95	648	70	430	8.2	53.89	< 0.001			15

5 Conclusions

The efficiency of the biofilter to reduce the ammonia emission in these experiments was higher than 90%. Due to the overdimensioning of the filter no parameters could be identified having a determining influence on this efficiency. The concentrations of N-compounds of the activated sludge of the bioscrubber caused an inhibition of the micro-organisms (particularly the Nitrobacter population) and consequently the conversion from NH_4^+ to NO_3^- was limited. A N-balance of the bioscrubber showed that the bioscrubber digested at least 77% of the ammonia removed from the air by the biofilter.

The economical evaluation showed that the overdimensioned biofilter involved high costs (60 ECU per finished pig). This cost can be lowered (to 15 - 25 ECU per finished pig) by taking out the biobed and the right dimensioning of the bioscrubber.

These results support the conclusions of earlier research that biofiltering is a technical efficient techniques to reduce the ammonia emission for livestock houses. However the high costs involved with biofiltering prevent a widespread use of this technique.

6 References

ANONYMOUS, 1990. Plan van Aanpak beperking ammoniakemissie van de landbouw, Tweede Kamer Nederland, vergaderjaar 1990-1991, 18 255, nr. 42. SDU uitgeverij s'Gravenhage, Nederland.

BERCKMANS, D., VANDENBROECK, PH., GOEDSEELS, V. 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. J. of Indoor Air 3, 1991. pp.232-336.

BUIJSMAN, E. AND ERISMAN, J.-W. 1988. Wet deposition of ammonium in Europe. Journal of Atmospheric Chemistry. (6). pp.265-280.

BÜSCHER, W. AND JUNGBLUTH, T. 1996. Validation of means for reducing ammonia emissions from animal houses. International conference on agricultural engineering (AgEng), Madrid, 23-26 september 1996. AgEng paper no. 96 E-009. 10 p.

CARR, L. E., WHEATON, F. W. AND DOUGLASS, L. W. 1990. Empirical models to determine ammonia concentrations from broiler chicken litter. Transactions of the ASAE. 33 (4). pp.1337-1342

COLANBEEN, M., & NEUKERMANS, G. (1992B). *Stankbestrijding van ventilatielucht door het gebruik van biofilters en biowasfilters. Landbouwtijdschrift, Vol 45(5), pp 909-927.

DEN HARTOG, L. A., & VOERMANS, J. A. M. (1994). 6 delen: I. Rundvee, II. Varkens, III. Pluimvee, IV. Samenvatting, V. Bijlage, VI. Jaarverslag 1993. L. A. denHartog, & J. A. M. Voermans, Naar veehouderij en milieu in balans, 10 jaar FOMA-onderzoek. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 19, Ede (NL.), 1994, April : Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

MOUWEN, I.A.A.C.; PLAGGE, J.G. 1995. Studie naar klimatisering van de dekstal in relatie tot emissie en energie. Praktijkonderzoek Varkenshouderij. Proefverslag nummer P1.125, Rosmalen, Nederland. 40 p.

PAIN, B. F. AND MISSELBROOK, T. H. 1991. Relationships between odour and ammonia emission during and following the application of slurries to land. V. C. Nielsen, J. H.

PAIN, B.F., PHILLIPS, V.R., CLARKSON, C.R., MISSELBROOK, T.H. AND REES, Y.J. 1990. Odour and ammonia emissions following the spreading of aerobically treated pig slurry on graasland. Biological Wastes, 34 (2). pp. 149-160.

ROELOFS, J. G. M. AND HOUDIJK, A. L. F.M. 1991. Ecological effects of ammonia. V. C. Nielsen, J. H. Voorburg and P. L'Hermite (Eds.), Odour and ammonia emission from livestock farming.

SAETHER, T., & SKJELHAUSEN, O. J. (1991). Biofilter as ammonia controller in an aerobic treatment plant for livestock slurry. H. Lilleng, & B. Rognerud, International Seminar of the first, second and third Technical Section of CIGR on Environmental Challenges and Solutions in Agricultural Engineering., As, Norway, 1991, July (pp. pp73-80). Norway: Agricultural University of Norway.

SCHNEIDER T. (ED). 1989. Dutch Priority Program on Acidification, Proceedings of the 4th Symposium on Acidification.

SCHOLTENS, R., & DEMMERS, T. G. M. (1991). Biofilters and air scrubbers in The Netherlands. V. C. Nielsen, J. H. Voorburg, & P. L'Hermite, Cost 681 Expert Odours Group Workshop: Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming, Silsoe, UK, 1990, March 26 (pp. 92-97). London/New York: Elsevier Applied Science.

VERSTEGEN, M.W.A., VAN DER HELL W., JONGEBRUER A.A., ENNEMAN G., 1976. The influence of ammonia and humidity on activity and energy balance data in groups of pigs. Zeitschrift fur Tierphysiologie. Tierernehrung und Futtermittelkunde, band 37; 5. pp. 255-263.

Bewertung unterschiedlicher Naßabscheider/Biofilterkombinationen hinsichtlich der Minderung der Ammoniak-, Geruchs- und Staubemissionen aus einstreulosen Mastschweineställen und deren Wirtschaftlichkeit

VOLKER SIEMERS , HERMAN VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der
Georg-August-Universität-Göttingen, Fachgebiet Verfahrenstechnik, Driverstraße 22, 49377 Vechta.
Förderung durch "Deutsche Bundesstiftung Umwelt"

1. Einführung

Die Kontamination der Stalluft mit ihren spezifischen Komponenten wie Gase, Staub, Mikroorganismen und Geruchsstoffe, stellen eine potentielle Belastung für die Umwelt sowie für die Gesundheit und das Wohlbefinden von Mensch und Tier dar. In den Vordergrund als landwirtschaftliche Emissionsquelle treten vor allem Dunglagerstätten, landwirtschaftliche Nutzflächen während und nach der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern sowie Stallanlagen. Zur Reduzierung der Ammoniakemissionen bei der Flüssigmistausbringung sind mehrere effiziente Techniken vorhanden. Weiterer Forschungsbedarf besteht hingegen hinsichtlich der Reduzierung der Ammoniakemissionen aus Stallgebäuden. Die biologische Abluftreinigung kann neben der proteinreduzierten Fütterung und einer Reihe anderer technischer Maßnahmen zu einer erheblichen Reduzierung der Emissionen aus Stallgebäuden beitragen (VAN DEN WEGHE, 1990, 1993).

2. Zielsetzung

Die Zielsetzung der vorgestellten Arbeit besteht darin, sowohl die Befeuchtungsart und -intensität der Filterbettschüttung als auch die Naßabscheiderpositionierung im Überdruckraum der Abluftreinigungsanlagen durch unterschiedliche technische Modifikationen zu optimieren um einen hohen Wirkungsgrad hinsichtlich der Absorptionsfähigkeit von Ammoniak, Staub und Geruchsstoffen sowie deren Umwandlung durch die biologische Abluftreinigung bewirken zu können. Darüberhinaus gilt es Planungsdaten für den Bau von Biofilteranlagen insbesondere zur Naßabscheidung, Filterfläche und Filterschütthöhe zu erarbeiten. Ebenso gilt es die Wirtschaftichkeit der untersuchten Abluftreinigungsanlagen zu beurteilen.

3. Material und Methoden

Die Untersuchungen werden an vier Naßabscheider/Biofilterkombinationen (Abluftreinigungsanlagen A-D) auf zwei Versuchsbetrieben mit Mastschweinen durchgeführt. Die Anlagen unterscheiden sich nominell in der Grundfläche, die primär in direktem Zusammenhang mit der in den Stallanlagen gehaltenen Tierzahl und der daraus resultierenden zu reinigenden Abluftmenge steht. Aufgrund der spezifischen Unterschiede der Stallanlagen wird jeder Abluftreinigungsanlage ein spezieller Untersuchungsschwerpunkt (U 1 bis U 3) zugeordnet.

U 1: Abluftreinigungsanlage A
Befeuchtung des Filtermaterials (Wurzelholzschredder).
Die Befeuchtung des Filtermaterials wird mit Frischwasser, Schmutzwasser und ohne Wasser durchgeführt.

U 2: Abluftreinigungsanlage B
Wirkung des Naßabscheiders.
Die Befeuchtungsintensität der Stallabluft wird für unterschiedliche Naßabscheiderinstallationen untersucht.

U 3: Abluftreinigungsanlage C und D
Einfluß des Rohproteingehaltes im Futter auf die Reinigungsleistung.
Die konventionelle einphasige Fütterung wird mit einer zweiphasigen, proteinreduzierten Fütterung verglichen.

Tab. 1: Untersuchungsschwerpunkte, Versuchsvarinten des Naßabscheiders

	Dimension	Versuchsbetrieb Nr. 1		Nr. 2	
Versuchsstall		I	II	III	IV
- Tierzahl	[Anzahl]	400	280	200	200
- Ventilatoren	[Anzahl]	7	8	5	5
- Abluftvolumenstrom	[m^3/h]	53.600	37.520	26.800	26.800
Abluftreinigungsanlage		A	B	C	D
- Filtergrundfläche	[m^2]	50	40	19,25	19,25
- Filterschütthöhe	[m]	0,50	0,70	0,40	0,40
- Überdruckraumvolumen	[m^3]	160	120	74	74
- Filtervolumen	[m^3]	25	28	7,7	7,7
- Filterflächenbelastung	[$m^3/m^2 \cdot h$]	1.072	938	1.392	1.392
- Filtervolumenbelastung	[$m^3/m^2 \cdot h$]	2.144	1.340	3.481	3.481
Naßabscheider					
- Düsen	[Anzahl]	45	38	15	15
- Durchsatzleistung/Düse	[l/min]	1,5	1,5	2,0	2,0
- Gesamtdurchsatzleistung	[l/h]	4.050	3.420	1.800	1.800
Untersuchungsschwerpunkt		U 1	U 2	U 3	

Nähere Einzelheiten über die durchgeführten Versuchsvarianten bezüglich der Naßabscheiderinstallationen an Abluftreinigungsanlage B enthält die Tabelle 2.

Tab. 2: Versuchsvarianten der Naßabscheider an Abluftreinigungsanlage B

	Dimension	Versuchsvariante I	II	III
Abluftreinigungsanlage B:				
Naßabscheiderdruckleitungen	[Anzahl]	5	4	1
- Installationsort		V, U, D	U, D	U
- Düsen	[Anzahl]	38	31	7
- Durchsatzleistung gesamt	[l/h]	3.420	2. 790	630
- Wasserdurchsatz im Überdruckraum	[$l/m^3 \cdot h$]	28,50	23,25	5,25

V: Naßfilterdruckleitung über den Ventilatoren
D: Naßfilterdruckleitung unter dem Tragegerüst der Filterbettschüttung
U: Naßfilterdruckleitung an der Unterkante der Luftumlenkklappe

4. Ergebnisse

4.1 Einfluß der Filterbettbefeuchtung auf die NH_4-N Reinigungsleistung

An Abluftreinigungsanlage A wurde unter zwei Meßzelten mit einer Grundfläche von 10 m^2 die Filterbettschüttung (Wurzelholzschredder) über jeweils zwei Rundstrahldüsen mit Frisch- bzw. Pumpensumpfwasser beregnet. Die Düsen sind in einer Höhe von 1,5 m über der Filterbettschüttung angebracht worden. Unter einem dritten Meßzelt gleicher Grundfläche wurde auf die Beregnung verzichtet, so daß das Wurzelholz ausschließlich durch die konditionierte Rohluft angefeuchtet wurde.

Die Abbildung 1 verdeutlicht die Reinigungsleistungen bezüglich der NH_4-N Frachten in %, die durch unterschiedliche Befeuchtungsintensitäten mit Frischwasser im zweiten Mastdurchgang an der Naßabscheider/Biofilterkombination A erzielt worden sind. Im zweiten Mastdurchgang ist das Wurzelholzschredder in den ersten 58 Versuchstagen mit 20 l/m^2 Filterfläche und Tag befeuchtet worden. Die Reinigungsleistung liegt bei über 90 % In diesem Zeitraum ist eine durchschnittliche NH_4-N Fracht auf der Reingasseite von 0,036 kg/d und auf der Rohgasseite von ca. 0,580 kg/d ermittelt worden.

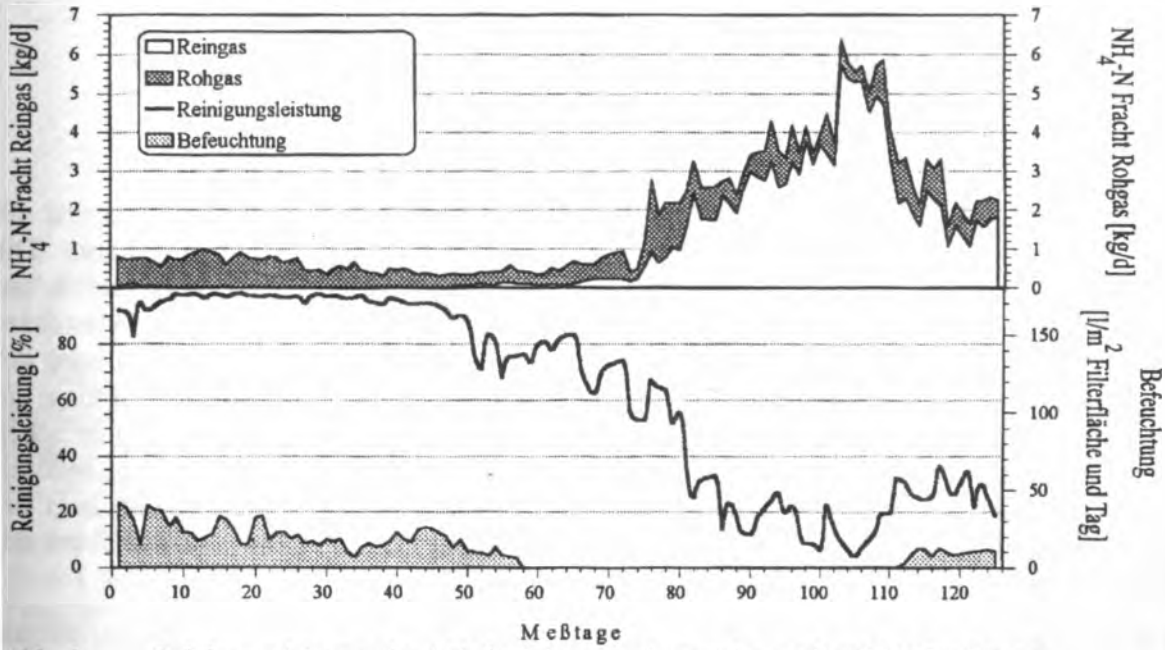


Abb. 1 Reinigungsleistung der Abluftreinigungsanlage A im zweiten Mastdurchgang (03.1 - 31.05.95) bei Befeuchtung mit Frischwasser

Durch die Einstellung der Befeuchtung (Versuchstag 58 bis 111) kommt es zu einer Abnahme der Reinigungsleistung in diesem Meßzeitraum von durchschnittlich 80 % bis auf unter 20 %. Die Ergebnisse zeigen, daß ohne eine zusätzliche Befeuchtungseinrichtung starke Reduzierungen der Ammoniakemissionen durch eine Naßabscheider/Biofilterkombination nicht erzielt werden können. In den letzten Versuchstagen des zweiten Mastdurchganges ist die Befeuchtung wieder auf ca. 10 l/m^2 Filterfläche und Tag eingestellt worden, was zu einer Anhebung der Reinigungsleistung auf ca. 27 % geführt hat.

Nachfolgend wird Reinigungsleistung von Ammoniak betrachtet, die durch eine Beregnung der Filterfläche mit Pumpensumpfwasser erzielt wurde. Das Pumpensumpfwasser wird dem Naßabscheiderkreislauf entnommen. Der Beregnungscomputer zur elektronischen Steuerung der Befeuchtungsintensität ist in die Druckleitung des Naßabscheiders montiert.

Abbildung 2 dokumentiert die Reinigungsleistung dieser Versuchsvariante, die zeitgleich zur "Frischwasservariante" an Abluftreinigungsanlage A unter einem zweiten Meßzelt gleicher Grundfläche durchgeführt worden ist.

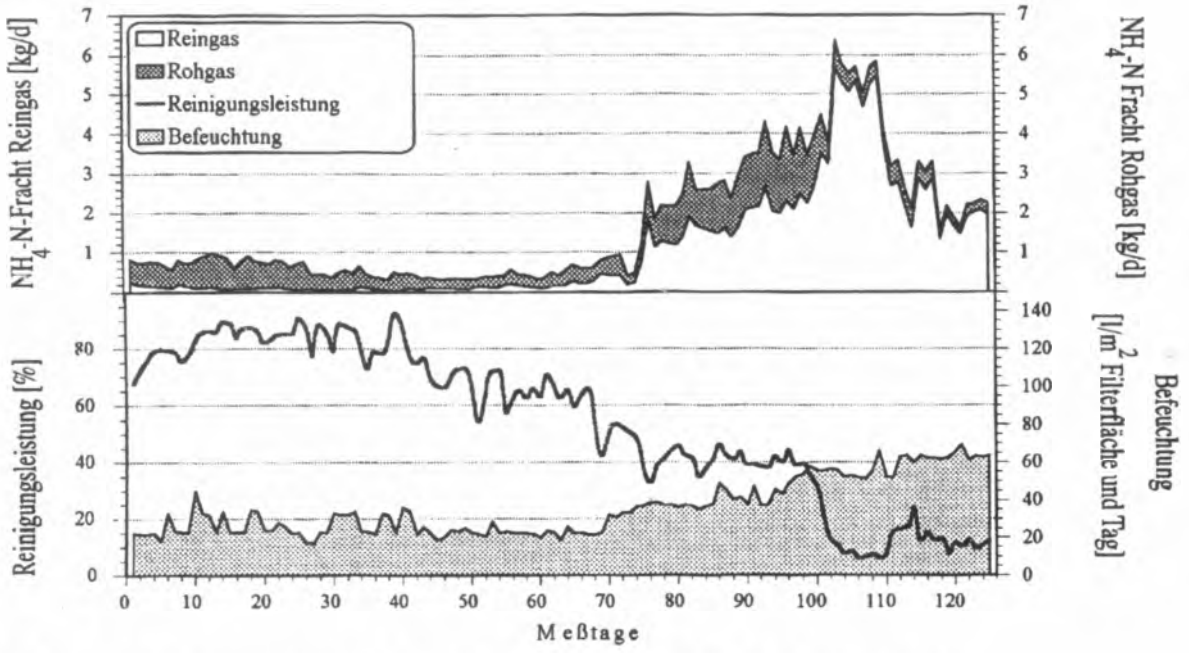


Abb. 2: Reinigungsleistung der Abluftreinigungsanlage A bei Befeuchtung mit Pumpensumpfwasser (Mastdurchgang 2)

Aus der Abbildung 2 wird deutlich, daß auch durch eine gesteigerte Befeuchtungsintensität mit Pumpensumpfwasser die NH_4-N Reinigungsleistung nicht erhöht werden kann. Die Befeuchtungsintensität der Filterbettschüttung ist in den ersten 70 Versuchstagen auf durchschnittlich 25 l/m^2 Filterfläche und Tag eingestellt und mit zunehmender Mastdauer kontinuierlich auf über 60 l/m^2 Filterfläche und Tag erhöht worden. Eine weitere Erhöhung der Befeuchtungsintensität erscheint wenig sinnvoll, da es durch die Luftbefeuchtung im Überdruckraum der Abluftreinigungsanlage durch den Naßabscheider zur kontinuierlichen NH_4-N Anreicherung des Wassers kommt und dies durch die Verregnung unter dem Meßzelt ausstrippen kann (NH_4-N-Stripping). Die Reinigungsleistung in der Vormastphase liegt bei durchschnittlich 80 %. Ab dem 40. Masttag kommt es zur kontinuierlichen Abnahme der Reinigungsleistung. In den letzten Masttagen sinkt diese bis auf ca. 11 % ab.

In allen durchgeführten Versuchen zeigt sich, daß ohne eine zusätzliche Befeuchtungseinrichtung nur sehr geringe Ammoniakreinigungsleistungen durch die Abluftreinigungsanlage erzielt werden können. Innerhalb der ersten Versuchstage nehmen diese von nur 40 % auf durchschnittlich 20 % ab. Über den gesamten Mastverlauf betrachtet sinken die Reinigungsleistungen zum Teil auf ein negatives Niveau mit einem Minimum von unter - 20 % ab. Als Ursache hierfür wird angenommen, daß bei negativ auftretenden Reinigungsleistungen das vom Pumpensumpfwasser aufgenommene und akkumulierte Ammonium aufgrund der gewählten Befeuchtungstechnik im Überdruckraum der Anlage als Ammoniak ausgestrippt (desorbiert) wird. Dieser Effekt kann durch eine unzureichende Materialfeuchte im Filterbett verstärkt werden in dem die Nitrifikanten die NH_4-N Mengen nicht ausreichend nitrifizieren können.

4.2 Einfluß der Naßabscheiderposition auf die NH_4-N Reinigungsleistung

Die Untersuchungen zeigen, daß die Positionierung der Naßabscheiderdruckleitungen einen wesentlichen Einfluß auf die NH_4-N Reinigungsleistung des Naßabscheiders hat. Die unterschiedlichen Naßabscheiderinstallationen in Abluftreinigungdanlage B sind in Tabelle 2 dargestellt. Welche Befeuchtungstechnik zu bevorzugen ist, ergibt sich aus der Abbildungen 3 in der die Reinigungsleistungen der eingesetzten Naßabscheider zusammengefaßt sind.

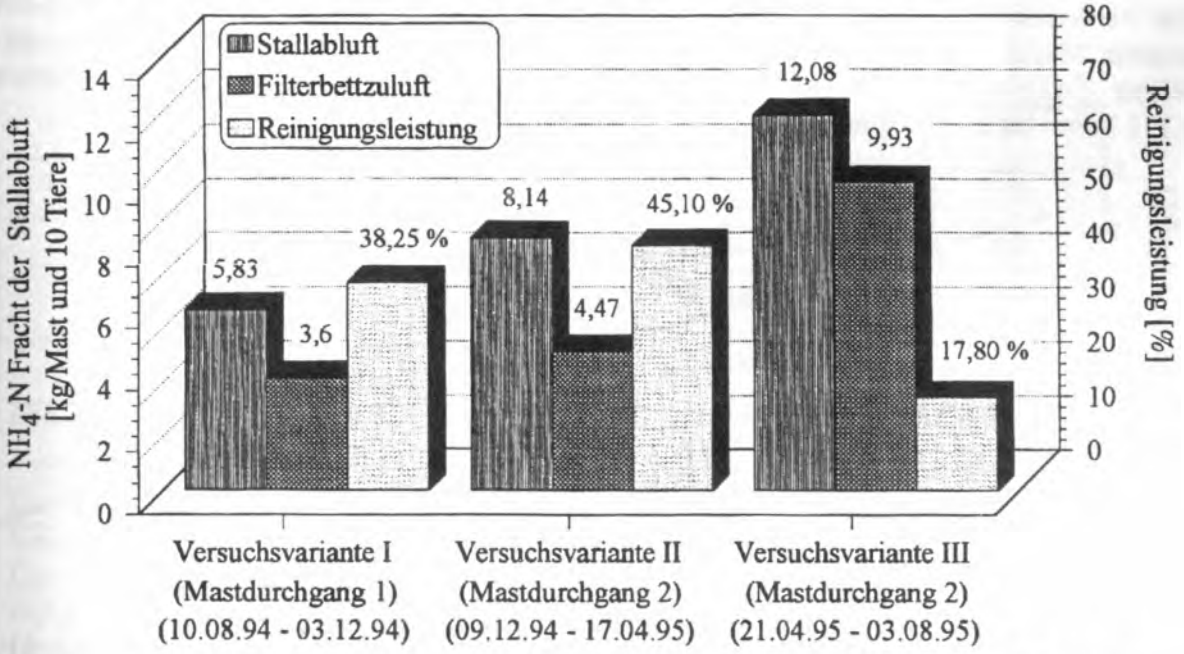


Abb. 3: Reinigungsleistung der einzelnen Versuchsvarianten (I, II, III) für die Naßabscheider an der Abluftreinigungsanlage B

In der Abbildung 3 sind die NH_4-N Frachten in der Stallabluft den NH_4-N Frachten gegenübergestellt, die nach der Befeuchtung in die Filterbettschüttung der Abluftreinigungsanlagen B einströmen. Die Frachten beziehen sich auf den gesamten Mastdurchgang und sind auf die NH_4-N Emission von 10 Tieren umgerechnet worden.

In der Abluftreinigungsanlage B sind im ersten Mastdurchgang alle fünf Druckleitungen bzw. Düsen des Naßabscheiders zur Befeuchtung der rohgasseitig einströmenden Stallabluft eingesetzt worden. Im Überdruckraum werden rund 3.420 Liter Wasser pro Stunde versprüht. Der Wasserdurchsatz pro Kubikmeter Innenraumvolumen des Überdruckraumes liegt bei 28,50 $l/m^3 \cdot h$. Die Befeuchtungstechnik des Naßabscheiders ist im zweiten und dritten Mastdurchgang im Überdruckraum der Abluftreinigungsanlage B verändert worden (s.Tabelle 2). In Mastdurchgang 2 ist auf die Befeuchtung der Stallabluft oberhalb der Abluftventilatoren verzichtet worden. Im letzten Mastdurchgang ist nur die Druckleitung an der Unterkante der Luftumlenkklappe eingesetzt worden. Die Durchsatzleistung der Naßabscheiderdüsen wurde auf 2.790 l/h (Mastdurchgang 2) bzw.630 l/h (Mastdurchgang 3) reduziert. Durch die Reduzierung kommt es zu einem geringeren Wasserdurchsatz im Überdruckraum der Anlage. Im zweiten Mastdurchgang liegt dieser bei durchschnittlich 23,25 l pro Kubikmeter Innenraumvolumen und Stunde, im abschließenden dritten Mastdurchgang nur bei ca. 5,25 $l/m^3 \cdot h$. Die Abbildung 3 verdeutlicht, daß im ersten Mastdurchgang 5,83 kg NH_4-N pro 10 Tiere in den Überdruckraum der Anlage einströmen und nur 3,60 kg NH_4-N in die Filterbettschüttung emittieren.
Diese Reinigungsleistung des Naßabscheiders von 38,25 % ist im zweiten Versuch noch um 6,84 % auf 45,09 % gesteigert worden. Im Durchschnitt werden 3,67 kg NH_4-N aus der

Stallabluft durch die gewählte Befeuchtungstechnik abgeschieden, in der auf eine Befeuchtung oberhalb der Ventilatoren verzichtet worden ist. Im letzten Mastdurchgang ist die Naßabscheiderdruckleitung lediglich an der Unterkante der Luftumlenkklappe eingesetzt worden. Die Reinigungsleistung des Naßabscheiders nimmt um 27,3 %-Punkte auf 17,80 % ab.

In jedem Mastdurchgang wurde eine Abnahme der täglichen NH_4-N Reinigungsleistung des Naßabscheiders mit Zunahme der NH_4-N Konzentration des Pumpensumpfwassers festgestellt. Zur Verdeutlichung ist daher in Abbildung 4 die tägliche Naßabscheiderreinigungsleistung des zweiten Mastdurchganges in Abhängigkeit von der NH_4-N Konzentration im Pumpensumpfwasser dargestellt. Die NH_4-N Konzentrationen im Pumpensumpfwasser liegen zwischen 0,111 kg/m^3 bis 2,789 kg/m^3.

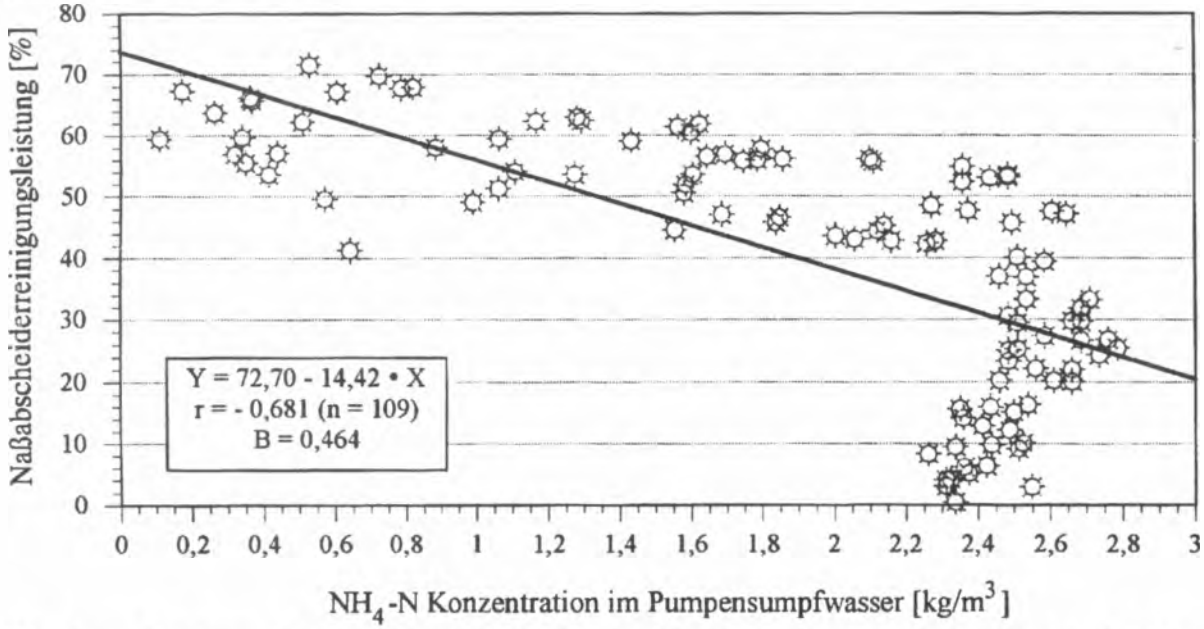


Abb. 4: Reinigungsleistung des Naßabscheiders der Abluftreinigungsanlage B in Abhängigkeit der NH_4-N Konzentration im Pumpensumpfwasser

4.3 Einfluß der Abluftreinigung auf die Geruchs- und Staubemissionen

Um die technische Funktion einer Abluftreinigungsanlage in Bezug auf die Geruchsminderung beurteilen zu können, wird die Kennzahl des Geruchsminderungsgrades bzw. der Wirkungsgrad für Geruch herangezogen. Nach der VDI-Richtlinie 3477 kann der Geruchsminderungsgrad direkt aus den bestimmten Geruchsstoffkonzentrationen auf der Roh- und Reingasseite berechnet werden. Abbildung 5 beschreibt die durchschnittlichen Geruchsstoffkonzentrationen roh- und reingasseitig der drei Befeuchtungsvarianten, die an Abluftreinigungsanlage A in den untersuchten Mastdurchgängen olfaktometrisch bestimmt worden sind.

Das Ergebnis entspricht nicht den Erwartungen. Es zeigt sich, daß durch die Schmutzwasserbefeuchtung mit 250 GE/m^3 ähnliche Geruchsstoffkonzentrationen ermittelt werden wie bei der Versuchsvariante ohne Beregnung der Filterbettschüttung. Der ermittelte Wirkungsgrad liegt hier bei 40,90 %. Durch die Frischwasserberegnung werden reingasseitig im Durchschnitt 538 GE/m^3 bestimmt.
Die Geruchsqualität kann als modrig bis torfartig beschrieben werden und überlagert die Geruchsstoffkonzentrationen eines Schweinemaststalles. Ein "typischer" Schweinestallgeruch ist bei dieser Versuchsvariante nicht wahrnehmbar.

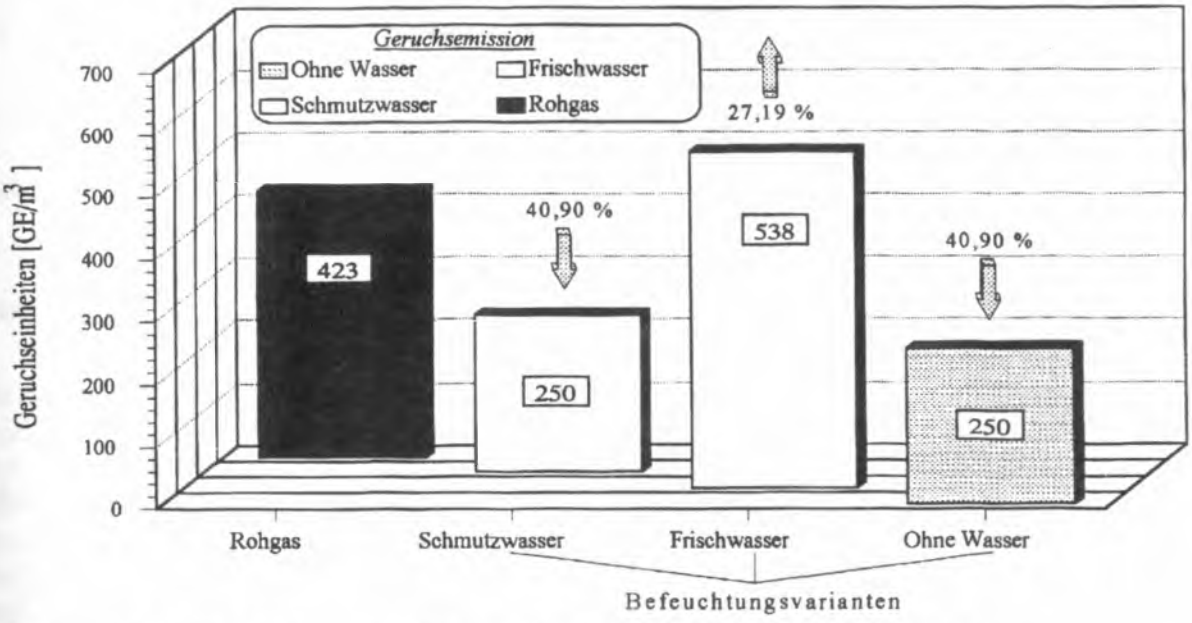


Abb. 5: Roh- und reingasseitige Geruchstoffkonzentration der drei reingasseitigen Befeuchtungsvarianten (Abluftreinigungsanlage A, Mastdurchgang 1 bis 3)

Die Ergebnisse verdeutlichen, daß für die Bewertung einer Abluftreinigungsanlage die Veränderung der Geruchsqualität berücksichtigt werden muß. Eine olfaktometrische Geruchsschwellenbestimmung reicht für die Bewertung nicht aus. Ohne die Art des Geruchs näher zu bestimmen, wird bei der Olfaktometrie nur die Frage beantwortet, bei welcher Geruchsstoffkonzentration Geruch überhaupt wahrgenommen wird.

Um den Einfluß der Abluftreinigungsanlagen auf die Staubemissionen beurteilen zu können, sind an den Anlagen A, B und C in der Endmastphase aus dem Gesamtabluftvolumenstrom roh- und reingasseitig Staubproben gezogen worden. Es zeigt sich, daß die Gesamtreduzierung der Staubemissionen in allen Fällen über 80 % liegt. Durch Abluftreinigungsanlage C werden mit fast 85 % die höchsten Reinigungsleistungen erzielt. In der Abluftreinigungsanlage A sind mit 81,50 % das niedrigsten Ergebnisse erzielt worden.

Aufgrund des Zusammenhanges zwischen Staub- und Geruchsstoffemissionen kann davon ausgegangen werden, daß der Geruchsminderungsgrad der Stallabluft nach der biologischen Abluftreinigung besser zu beurteilen ist, als die ermittelten Geruchsstoffreduzierungen an den Naßabscheider/Biofilterkombinationen zum Ausdruck bringen.

4.4 Kosten

Die Gesamtkosten einer Naßabscheider/Biofilterkombination setzen sich aus den Investitions- und Betriebskosten zusammen. Tabelle 3 zeigt die Gesamtkosten der untersuchten Abluftreinigungsanlagen, die mit einer Frischwasserbefeuchtung der Filterbettschüttung entstehen. Die aufzubringenden Kosten sind auf durchschnittlich 2,7 Umtriebe pro Jahr bezogen.

Tab. 3: Gesamtkosten der Abluftreinigungsanlagen A bis D in DM

		Abluftreinigungsanlagen			
		A	B	C	D
Investitionskosten:					
- Jahreskosten	[DM/m² • a]	85,47	92,54	127,60	127,60
- je Mastplatz	[DM/MP • a]	10,68	13,23	12,25	12,25
- je Mastschwein	[DM/MS]	4,00	4,32	4,98	4,42
Betriebskosten:					
- je Mastplatz	[DM/MP • a]	10,07	9,64	9,24	9,04
- je Mastschwein	[DM/MS]	3,77	3,15	3,76	3,26
Gesamtkosten:					
- je Mastplatz	[DM/MP • a]	***20,75***	***22,87***	***21,49***	***21,29***
- je Mastschwein	[DM/MS]	***7,77***	***7,47***	***8,74***	***7,68***

Die Gesamtkosten der untersuchten Abluftreinigungsanlagen A bis D liegen zwischen 7,47 DM/Mastschwein (Anlage B) und 8,74 DM/Mastschwein (Anlage C).

5. Schlußbemerkung

Zur Entlastung der Umwelt von gasförmigen und partikelgebundenen Emissionen können die untersuchten Naßabscheider/Biofilterkombinationen in unterschiedlichem Umfang beitragen. Der Einsatz von Naßabscheider/Biofilterkombinationen sollte wegen der hohen Kostenbelastung nur bei der Unterschreitung der Mindestabstände zu Wohnhäusern nach den VDI-Richtlinien 3471 und 3472 bzw. nach der TA-Luft diskutiert werden. Zunächst sollten die Haltungsverfahren bezüglich des Stallklimas (Zuluftkonditionierung, Abluftführung), der Fütterung (mehrphasige, proteinreduzierte Mast, Multiphasenfütterung) und der Flüssigmistlagerung (Füllstand der Gülle mindesten 30 cm vom Spaltenboden entfernt) optimiert werden.

6. Literatur

SIEMERS, V.; PFEIFFER, A.; LANGHOLZ, H.-J und H. VAN DEN WEGHE (1995):
Minderung der Ammoniak- und Geruchsemissionen in Schweineställen mittels Luftwäscher/Biofilterkombinationen. In: Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 2. Internationalen Tagung vom 14. und 15. März 1995, Potsdam-Bornim.

SIEMERS, V. (1996):
Naßabscheider/Biofilterkombinationen zur Verminderung von Ammoniak-, Geruchs- und Staubemissionen aus in Schweinemastställen. Dissertation an der Georg-August-Universität-Göttingen, Landwirtschaftliche Fakultät, unveröffentlicht.

VAN DEN WEGHE, H. (1990):
Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung -Entstehungen, Maßnahmen zur Minderung. BML-Arbeitstagung, Referenten "Landtechnik" und "Landwirtschaftliches Bauwesen" 13. - 15. März 1990, Kiel. In: KTBL-Arbeitspapier 145, S. 45.1 - 45.6, Landwirtschaftsverlag Münster.

VAN DEN WEGHE, H. (1993):
Stallüftungsanlagen: Planung, Berechnung, Installation. Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.v., In: AEL Schriftenreihe, Heft 8, Essen.

Die Wirkungen von Milchsäure auf die Gülleeigenschaften, die Emissionen und den Pflanzenertrag

BERG, WERNER; GÜNTER HÖRNIG UND TÜRK MENO

Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100 , D-14469 Potsdam

Ziel

Als problembehaftete Emissionen aus der Tierhaltung werden bestimmte Inhaltsstoffe der Exkremente angesehen, die gasförmig in die Umgebung emittieren. Das Hauptaugenmerk gilt hier dem Ammoniak, das über die Luft und weiter über die Niederschläge pflanzenschädigend wirken kann. Aber auch die Methanemissionen sind aufgrund ihres Anteils an der anthropogenen Erwärmung der Erdoberfläche zu reduzieren. Distickstoffmonoxidemissionen treten nur bei bestimmten Haltungsverfahren oder Bedingungen auf und spielen eine untergeordnete Rolle [BERG, 1995].

Anhand von Untersuchungen zum Ansäuern von Gülle mit Milchsäure soll dieses Verfahren beurteilt und mit anderen Verfahren der Emissionsminderung verglichen werden [RICHTER, 1996; HÖRNIG et al., 1996].

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten mit Schweine- und Rindergülle. Die eingelagerte Gülle hatte Trockenmassegehalte zwischen 5,5 und 10,4 %. Durch Zugabe 50 %iger Milchsäure wurden bei der Einlagerung pH-Werte der Gülle um 5,0 , 4,5 und 4,0 eingestellt. Die Lagerdauer betrug 190 bis 200 Tage. Während dieser Zeit wurden folgende Parameter bestimmt:

- Ammonium- und Gesamtstickstoffgehalt der Gülle zu Beginn und am Ende sowie zum Teil während der Lagerung,
- gasförmige Emissionen von Ammoniak (NH_3), Distickstoffmonoxid (N_2O) und Methan (CH_4) wöchentlich,
- Temperatur quasikontinuierlich,
- pH-Wert wöchentlich,
- Geruchsschwelle alle 14 Tage,
- Sedimentations- und Fließverhalten der Gülle.

Es wurden jeweils 75 kg Gülle in offene Behälter eingelagert. Während der Gasmessungen waren die Behälter verschlossen und definiert belüftet. Zum Teil erfolgte ein Homogenisieren und chemisches Analysieren der Gülle während der Lagerung.

An die Lagerung der Gülle schloß sich deren Ausbringung auf Parzellen an. Die hier erfaßten Parameter waren die gasförmigen Emissionen, die Stickstoffgehalte und pH-Werte im Boden

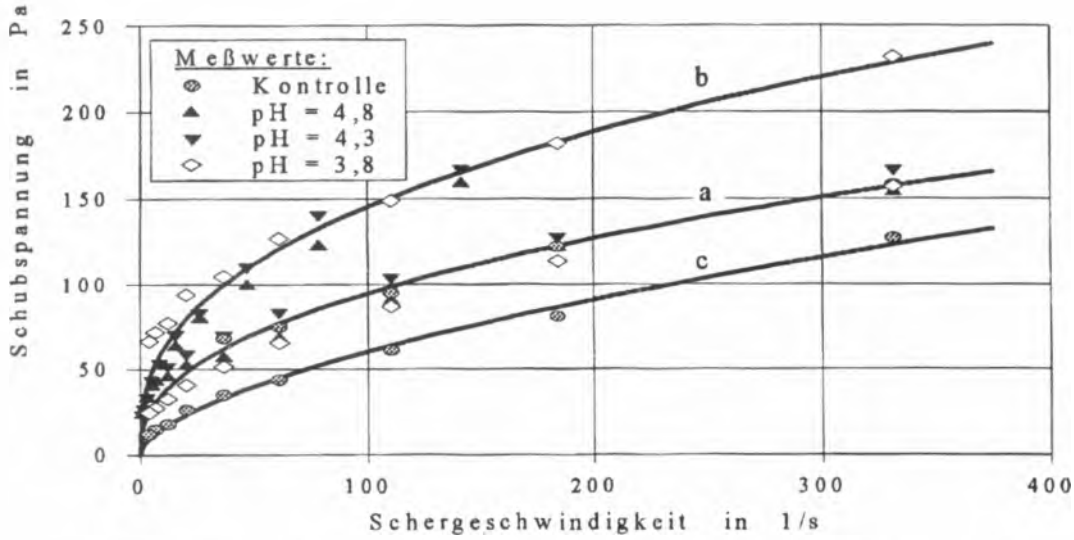
sowie der Ertrag und Stickstoffgehalt der Pflanzen. Diese Untersuchungen[1] beinhalteten vier Varianten: unbehandelte Rindergülle, angesäuerte Rindergülle mit einem pH-Wert von 4,0 , Mineraldünger und keine Düngung. Die Ausbringung der Dünger erfolgte nach der Saatbettbereitung ohne Einarbeiten. Nach Abschluß der Gasmessungen wurde Ölrettich gedrillt.

Ergebnisse

Rheologische Eigenschaften der Gülle

Zur Kennzeichnung der rheologischen Eigenschaften der Gülle wurden deren Fließkenngrößen mit einem Rotationsviskosimeter bestimmt. Die zum Zeitpunkt der Gülleeinlagerung ermittelten Fließkurven weisen einen geringen Einfluß der Milchsäure auf das Fließverhalten der Rindergülle aus (Abbildung 1). Nach der Lagerung von 195 Tagen treten allerdings deutliche Unterschiede auf. Während sich das Fließverhalten der unbehandelten Gülle durch das Lagern verbessert, hat die angesäuerte Gülle eine höhere Viskosität und damit ein schlechteres Fließverhalten als vor der Lagerung.

Die Ursache für die Änderung des Fließverhaltens ist bei der unbehandelten Gülle in Strukturänderungen durch das "Altern" während der Güllelagerung zu sehen. Bei der angesäuerten Gülle kann man dagegen davon ausgehen, daß die Herabsetzung der Umssetzungsprozesse während der Lagerung mit dem damit verbundenen Anstieg des Trockenmassegehaltes für die höhere Viskosität verantwortlich ist.



a vor der Lagerung: ohne (Kontrolle) und mit Milchsäurezusatz
b mit Säurezusatz nach der Lagerung
c ohne Säurezusatz nach der Lagerung

Abb. 1: Fließkurven von Rindergülle mit und ohne Milchsäurezusatz (TM = 7,8 %)

[1] Die Untersuchungen wurden gemeinsam mit der Lehr- und Versuchsanstalt für Integrierten Pflanzenbau e.V. Güterfelde durchgeführt, der wir an dieser Stelle dafür danken.

Güllelagerung

Für die pH-Wert-Absenkung auf einen Wert von 4,5 benötigt man bei Rindergülle im Mittel 4 Volumenprozent und bei Schweinegülle etwa 5 Volumenprozent 50 %iger Milchsäure (Abbildung 2). Bei der Rindergülle zeigte sich ein Einfluß des Trockenmassegehaltes auf den Säureaufwand. So waren bei einem Trockenmassegehalt der Gülle von 5,5 % nur 2,7 Volumenprozent Milchsäure für die Absenkung des pH-Wertes auf 4,5 erforderlich, während es bei einem Trockenmassegehalt von 10,4 % bereits 4,7 Volumenprozent Milchsäure waren.

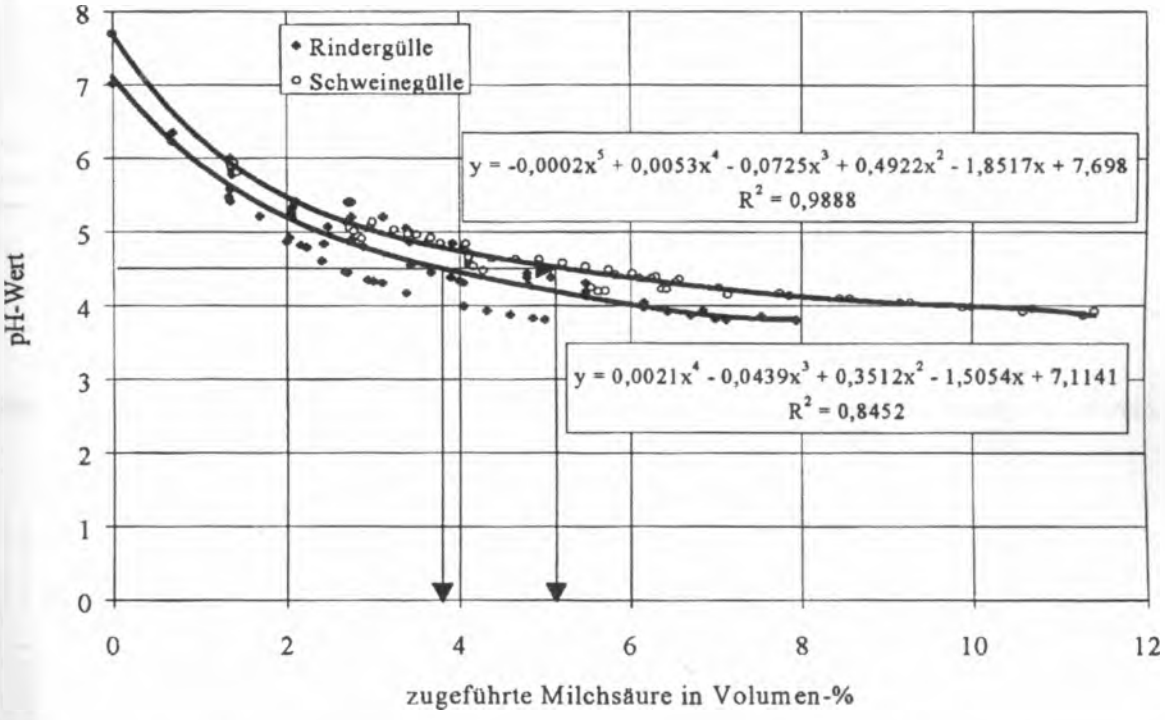


Abb. 2: pH-Wert-Absenkung von Rinder- und Schweinegülle in Abhängigkeit von der zugeführten Milchsäure (50 %ig)

Die gasförmigen Emissionen werden nicht nur von der Temperatur und dem pH-Wert, sondern auch von der Beschaffenheit der Gülleoberfläche bestimmt (Abbildungen 3 bis 6). So verminderte eine starke Verkrustung der Gülleoberfläche die Ammoniakemissionen ebenso wirkungsvoll wie das Ansäuern. Jedoch traten bei der Verkrustung, insbesondere bei höheren Temperaturen, Distickstoffmonoxidemissionen auf, die diesen positiven Effekt stark abschwächten. Die in der Praxis anzutreffenden Trockenmassegehalte der Güllen sind allerdings in der Regel so gering, daß es dort nicht zu Verkrustungen kommt.

Die in den Untersuchungen variierte Größe, der pH-Wert der Gülle, zeigte bei Werten um 5,0 einen instabilen zeitlichen Verlauf. Erst bei pH-Werten um 4,0 gelangt man in den stabilen Bereich. So veränderte sich der bei Probe 12 zu Lagerungsbeginn eingestellte pH-Wert von 3,8 über den gesamten Zeitraum nicht. Bei Probe 11 wurde nach dem Ansteigen des pH-Wertes und ersten großen Ammoniakemissionen am 174. Versuchstag durch Nachsäuern der Anfangs-pH-Wert von 4,3 wiederhergestellt. Dagegen erfolgte das Nachsäuern bei Probe 10, deren pH-Wert anfangs auf nur 4,8 abgesenkt worden war, ab dem 91. Versuchstag insgesamt viermal.

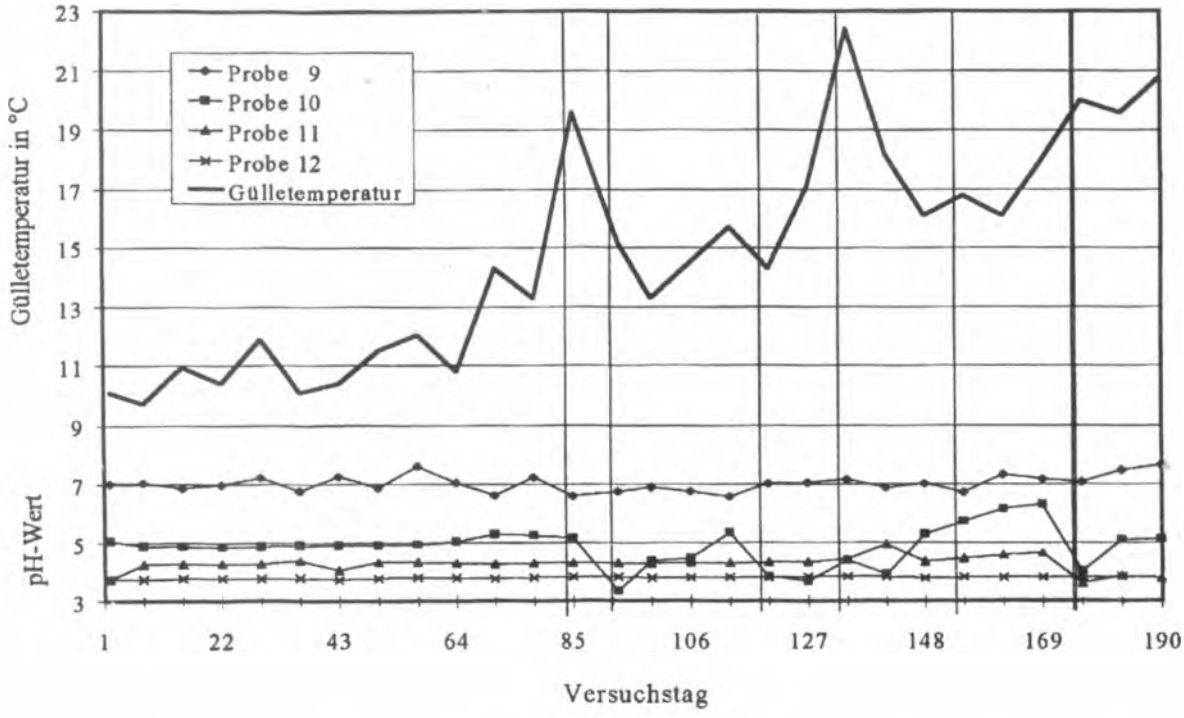


Abb. 3: pH-Wert und Temperaturverlauf unterschiedlich angesäuerter Rindergülle während der Lagerung (TM=10,4 %)

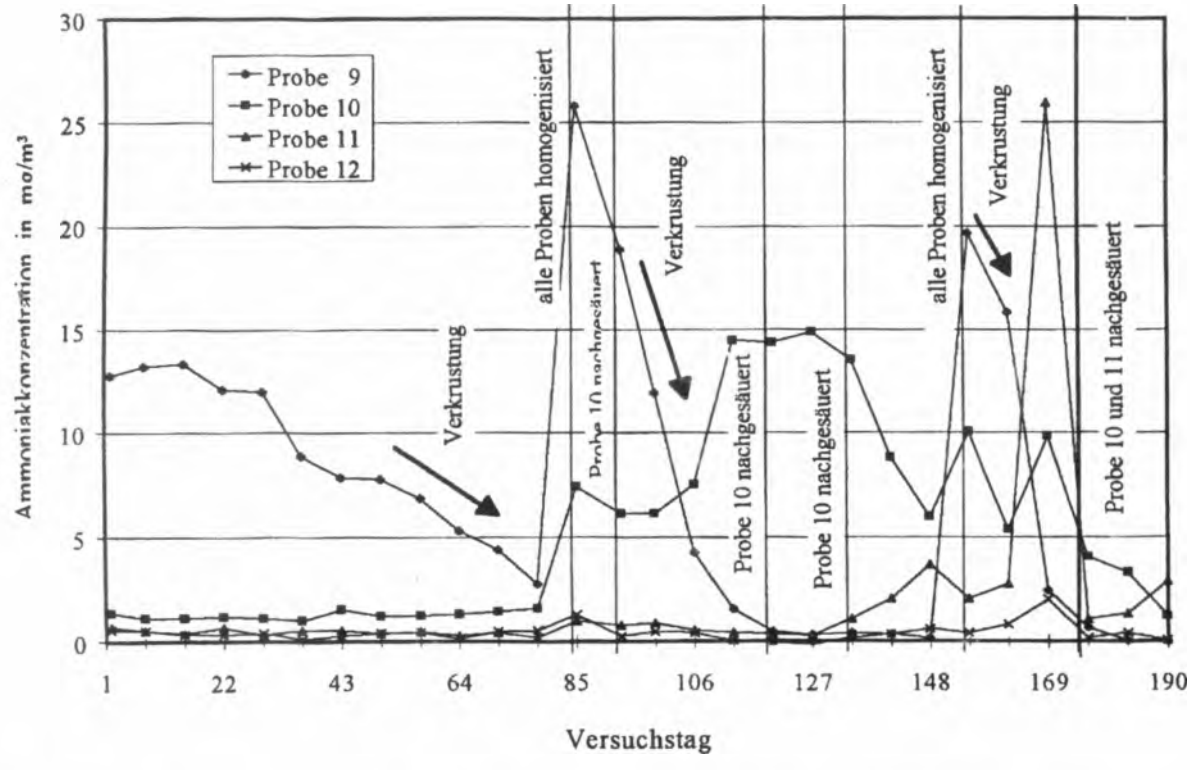


Abb. 4: Ammoniakemissionen unterschiedlich angesäuerter Rindergülle während der Lagerung (TM=10,4 %)

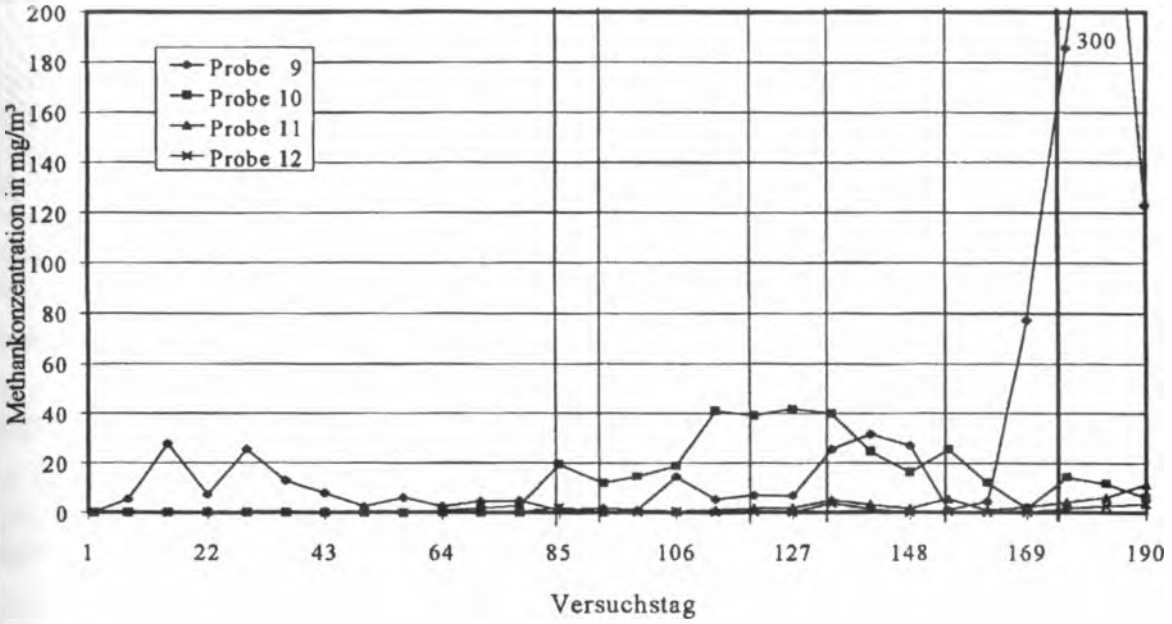


Abb. 5: Methanemissionen unterschiedlich angesäuerter Rindergülle während der Lagerung (TM=10,4 %)

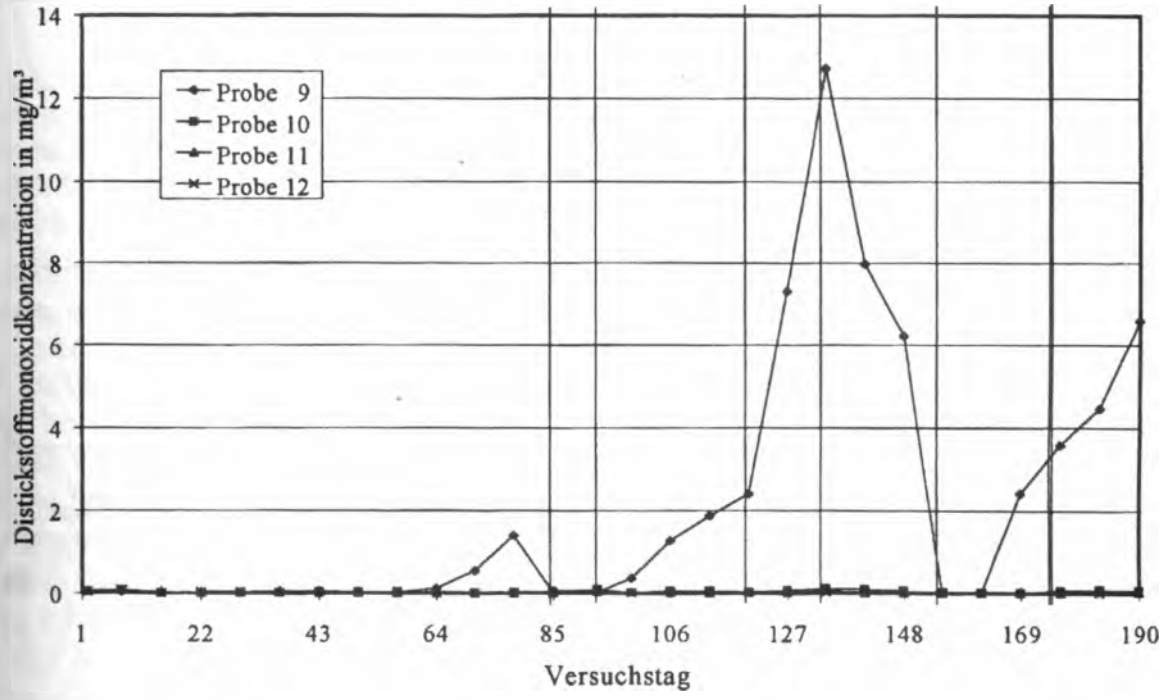


Abb. 6: Distickstoffmonoxidemissionen unterschiedlich angesäuerter Rindergülle während der Lagerung (TM=10,4 %)

Durch das Ansäuern von Rinder- und Schweinegülle mit Milchsäure lassen sich sowohl die Ammoniak- als auch die Methanemissionen nahezu vollständig unterbinden. Distickstoffmonoxidemissionen sind nur bei stark verkrusteten, nicht angesäuerten Güllen zu erwarten.

Die chemischen Analysen der Gülleproben bestätigen die Ergebnisse der Gasmessungen (Tabelle 1). So gingen in Probe 12 während der gesamten Lagerungsdauer nur etwa 5 % der absoluten Stickstoffmenge verloren, das Verhältnis von NH_4-Stickstoff zum Gesamtstickstoff blieb erhalten. Dagegen reduzierte sich in Probe 9 der Anteil des NH_4-Stickstoffs am Gesamtstickstoff um 20 %.

Tab. 1: Stickstoffgehalte unterschiedlich angesäuerter Rindergülle mit einem Trockenmassegehalt von 10,4 % vor und nach der Lagerung

Gülle-probe	Werte vor der Lagerung				Werte nach der Lagerung		
	pH [-]	NH_4-N [g/kg OS]	N_{ges} [g/kg OS]	NH_4-N / N_{ges} [-]	NH_4-N [g/kg 0S]	N_{ges} [g/kg OS]	NH_4-N / N_{ges} [-]
9	7,0	2,02	4,33	0,467	1,64	4,39	0,374
12	3,8	1,91	4,30	0,444	2,44	5,41	0,451

Die ermittelten Geruchsschwellen der unterschiedlichen Gülleproben unterlagen starken Schwankungen. Eine Minderung der Geruchsstoffkonzentration durch das Ansäuern der Gülle zeichnete sich aber nicht ab. Es war lediglich eine Änderung der Art des Geruches festzustellen.

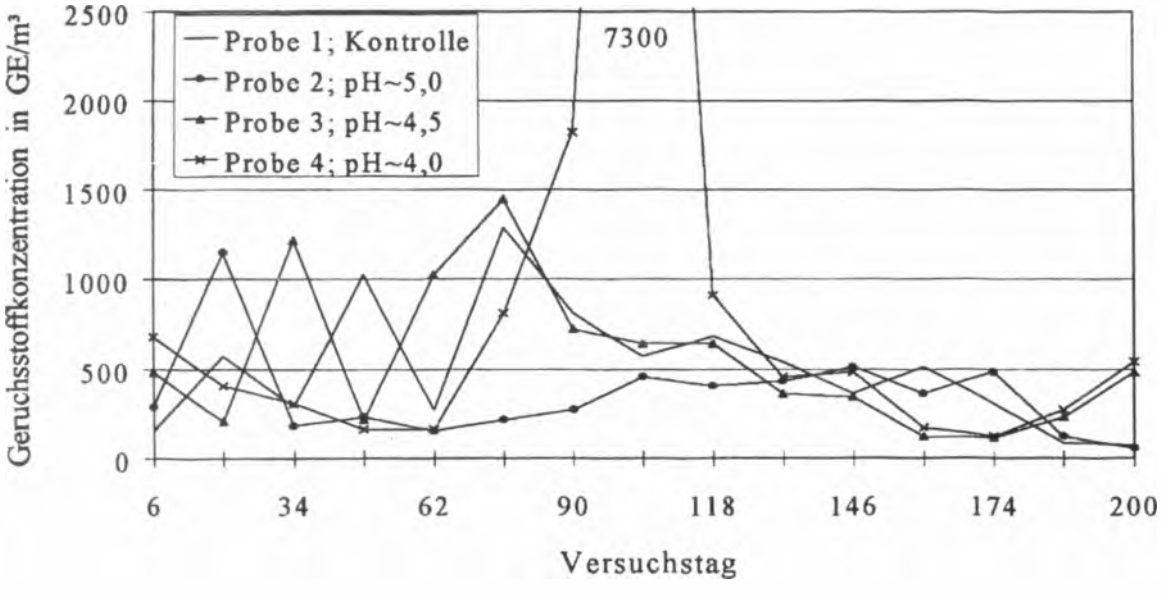


Abb. 7: Geruchsstoffkonzentrationen unterschiedlich angesäuerter Schweinegülle während der Lagerung

Pflanzenbauliche Verwertung

Die Messungen der gasförmigen Emissionen nach der Gülleausbringung belegen die zu erwartende Wirksamkeit des Ansäuerns über die Phase der Lagerung hinaus. Über den Parzellen, auf denen die angesäuerte Gülle ausgebracht worden war, konnten lediglich etwas erhöhte Ammoniakwerte festgestellt werden, die Werte der anderen gemessenen Gase entsprachen denen der Nullvariante. Dagegen emittierte die unbehandelte Gülle erhebliche Mengen an Ammoniak und deutlich mehr Methan als die anderen Varianten, zum Teil wurden hier auch Distickstoffmonoxidemissionen gemessen. Die ermittelten Emissionen von den Parzellen, auf denen Mineraldünder ausgebracht worden war, unterschieden sich nicht von der Nullvariante.

Die Boden-pH-Werte blieben von der ausgebrachten, angesäuerten Gülle unbeeinflußt.

Der oberste Bodenhorizont wies nach der Düngung mit der angesäuerten Gülle und mit Mineraldünger höhere NO_3-Gehalte auf als bei den beiden anderen Varianten.

Die etwa 11 Wochen nach der Aussaat, zum Zeitpunkt der Ernte, ermittelten Wuchshöhen lagen bei der unbehandelten Gülle um etwa 1 %, bei der angesäuerten Gülle um über 5 % und beim Mineraldünger um etwa 9 % über der Nullvariante.

Die Frischmasseerträge zeigten keine Unterschiede zwischen der Nullvariante und der unbehandelten Gülle. Bei der angesäuerten Gülle lag der Frischmasseertrag um etwa 7 % und bei der Mineraldüngervariante um mehr als 20 % über dem der Nullvariante.

Aufgrund unterschiedlicher Trockenmassegehalte des Erntegutes der vier untersuchten Varianten gab es nur bei der Mineraldüngung auch einen erhöhten Trockenmasseertrag. Dieser lag um 20 % über dem der anderen Varianten.

Schlußfolgerungen

Das Ansäuern von Gülle mit Milchsäure ist eine sehr wirksame Maßnahme zur Emissionsminderung. Die Wirkung erstreckt sich sowohl auf Ammoniak als auch Methan und Distickstoffmonoxid, deren Emissionen sich damit fast vollständig vermeiden lassen. Wird die Milchsäure bereits im Stall appliziert, reicht ihre emissionsmindernde Wirkung vom Stall über die Lagerung bis zur Gülleausbringung und pflanzenbaulichen Verwertung.

Die Absenkung des pH-Wertes der Gülle auf Werte unter 5,0 ist aus der Sicht der Emissionsminderung ausreichend. Eine anhaltende Wirkung erreicht man besser bei Werten nicht über 4,5 , vor allem bei höheren Temperaturen im Sommer. Da die Gülle im Stall quasikontinuierlich anfällt, scheint es angebracht, diese dort in kurzen Zeitintervallen anzusäuern. Welcher pH-Wert bei einem solchen Regime ausreicht, ist eine der Fragen, die in weiteren Untersuchungen geklärt werden sollen.

Aus den vorliegenden Ergebnissen zur Gülleausbringung sind keinerlei negative Auswirkungen der angesäuerten Gülle erkennbar. Es lassen sich aber noch keine gesicherten Aussagen dazu treffen, inwieweit das Ansäuern der Gülle mit Milchsäure auch zu einer besseren Düngewirkung führt. Daher sind auch zur Gülleausbringung weitere Untersuchungen durchzuführen.

Literatur

BERG, W. (1995): Bewertung von Emissionen aus der Tierhaltung am Beispiel der Schweinemast. Forschungsbericht des ATB. 1995/5

HÖRNIG, G.; BERG, W. UND TÜRK, M. (1996): Effect of feed and slurry additives on ammonia emission and slurry properties. Abstract 96E-028 zur AgEng '96 in Madrid

RICHTER, K. (1996): Biotechnological conversion of sugar and starchy crops into lactic acid and application in agriculture. Abstract 96F-046 zur AgEng '96 in Madrid

Wirksamkeit der in-situ-Kotbelüftung in Broilerställen zur Reduzierung der Emissionen aus Geflügelkot

MACKE, H. und H. VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstraße 22 in 49377 Vechta

1 Einleitung

Niederländische Untersuchungen belegen die Wirksamkeit einer kontinuierlichen Belüftung des Kot/Einstreugemisches in Bezug auf die Minderung von Ammoniakemissionen aus der Hähnchenmast. Die Ammoniakemissionen können hiernach um bis zu 90% reduziert werden(GROENESTEIN et.al.;1991) (KROODSMA;1993) (VAN DER HOORN et.al.;1992). In Bezug auf die Anwendung dieses Verfahrens in Deutschland bleiben jedoch viele Fragen offen.

Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang Fragestellungen zum Einfluß dieses Verfahrens auf die Emission klimarelevanter Gase, wie z.B. Lachgas (N_2O), die Emission von Geruchsstoffen, auf die Tiergesundheit und die Produktionskosten. Im Rahmen eines von der Deutschen Stiftung Umwelt geförderten Projektes werden hierzu unter praxisnahen Bedingungen Untersuchungen angestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Beschreibung der Stallanlage

Vergleichende Untersuchungen werden zur Zeit in einem doppelstöckigen Stallgebäude (Abbildung 1) mit einem konventionellen und einem nach dem Trampoline-Stallsystem modifizierten Stallabteil durchgeführt. Beide Stallabteile verfügen über ca. 6800 Mastplätze und sind technisch nahezu identisch ausgestattet. Dies entspricht einer maximalen Besatzdichte von 30 kg pro m². Als Einstreumaterial dient in beiden Abteilen gehäckseltes Stroh. Die Einstreumenge beträgt etwa 1 kg pro Quadratmeter.

Das Trampoline-Stallsystem basiert auf einer Entwicklung der Fa. Hendrix (Niederlande). In einem konventionellen Stall wird ein zweiter, mit einem perforierten Gewebe abgedeckter Boden eingezogen (Trampoline-Boden). Auf das Gewebe wird die Einstreu aufgetragen. Die Distanz zwischen dem ursprünglichen und dem neuen Boden beträgt etwa 0,3m. Durch Ventilatoren wird in unserem Fall unterhalb des Trampoline-Bodens Luft abgesaugt und oberhalb des Bodens in den Stallraum geblasen. Aufgrund des entstehenden Druckgradienten strömt Stalluft durch die Einstreu in den Bereich unterhalb des Trampoline-Bodens nach(Umluft-Downflow-Verfahren). Abbildung 2 zeigt ein Funktionsschema des Trampoline-Bodens. Die Entmistung erfolgt im vorliegenden Fall von Hand.

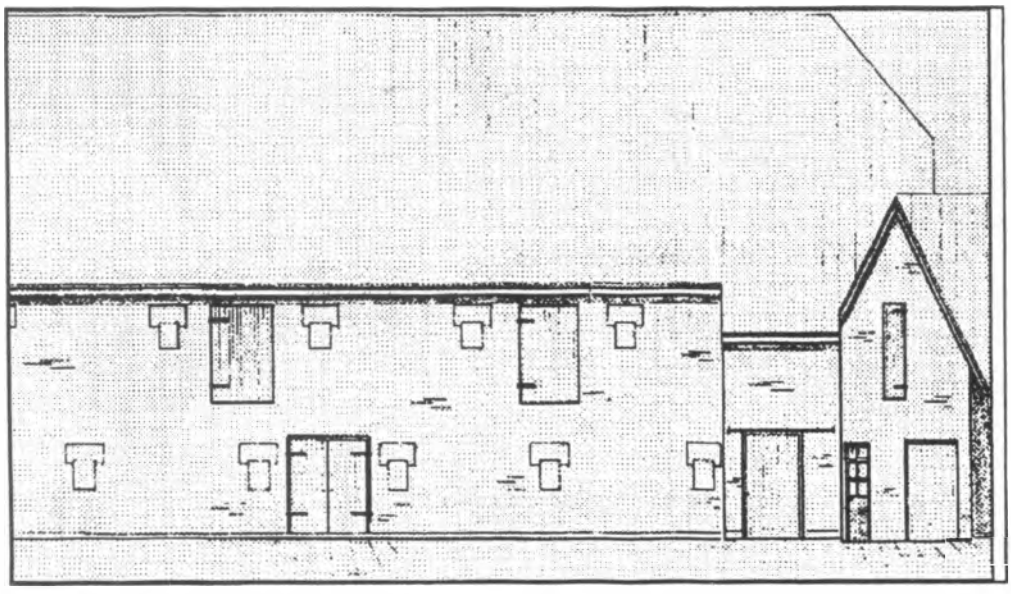


Abb.1 Skizze der Stallanlage des Betriebes H.

Doppelstöckiges Stallgebäude, wobei das untere Abteil konventionell und das obere mit Trampolinesystem betrieben wird.

angestrebtes Mastendgewicht:	1700-1900 g
max. Besatzdichte:	30 kg/m²
Tierplätze je Abteil:	ca. 6800

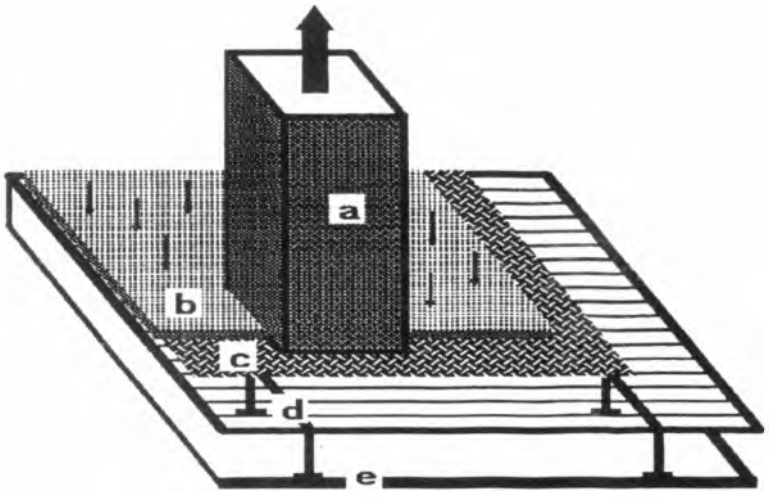


Abb.2 Schematische Darstellung des Trampoline-Bodens zur kontinuierlichen Einstreubelüftung (System Hendrix)

-Umluft-downflow Prinzip-

a: Ventilatorschacht; b: Einstreu; c: luftdurchlässiges Gewebe;

d: Metallrosten; e: Betonboden

Die Ventilator-Anschlußleistung der Einstreubelüftung beträgt etwa 6W pro m² Bodenfläche. Zur Energiekostenoptimierung wurde daher das System durch Einbau eines Regelkreises zur zeit- und volumenstromabhängigen Ansteuerung der Ventilatoren modifiziert.

2.1 Meßtechnik

Neben tierphysiologisch relevanten Daten werden stallklimatische und umweltrelevante Parameter überwiegend kontinuierlich aufgezeichneet. Im einzelnen werden gemessen und erfaßt:

Kontinuierlich:

- Ammoniak (NH_3)-Konzentration
- Lachgas (N_2O)-Konzentration
- Kohlendioxid (CO_2)-Gehalt
- Wasserdampf (H_2O)-Gehalt
- Tränkwasserverbrauch der Tiere
- Temperatur (innen, außen sowie an verschiedenen Punkten in der Einstreu)
- rel.Luftfeuchte (innen und außen)
- Abluftvolumenstrom

Diskontinuierlich:

- Staubgehalt der Luft
- pH-Wert der Einstreu
- Nährstoffgehalte in der Einstreu
- Daten zur Tiergesundheit und zur Mastleistung
- Geruchsstoff-Emissionen
- Energieverbrauch
- Arbeitsaufwand

Zur Messung der Gaskonzentrationen wird ein Multigasmonitor mit Multisampler (Fa. Brühl u. Kjaer) eingesetzt. Das Meßintervall pro Meßkanal beträgt etwa 30 Minuten. Die Abluftvolumenströme und die Förderleistung der Ventilatoren zur Bodenbelüftung werden über Meßventilatoren erfaßt.

Zur Aufzeichnung von Analog-Meßsignalen dient ein Therm 5500/3 Datenerfassungssystem der Fa. Ahlborn Meß- und Regelungstechnik. Das Meßintervall beträgt 10 Minuten.

3 Erste Ergebnisse

Die Ergebnisse der ersten Mastdurchgänge bestätigen die Wirksamkeit des Trampoline-Systemes in Hinblick auf die Trocknung der Einstreu. Der Feuchtegehalt der Einstreu betrug im konventionellen Stallabteil im Mittel 40,3% (Standartabweichung (s)= 4,3%). Durch Einstreubelüftung konnte die Feuchte der Einstreu auf im Mittel 24% (Standartabweichung (s) =6%) gesenkt werden (Abbildung 3).

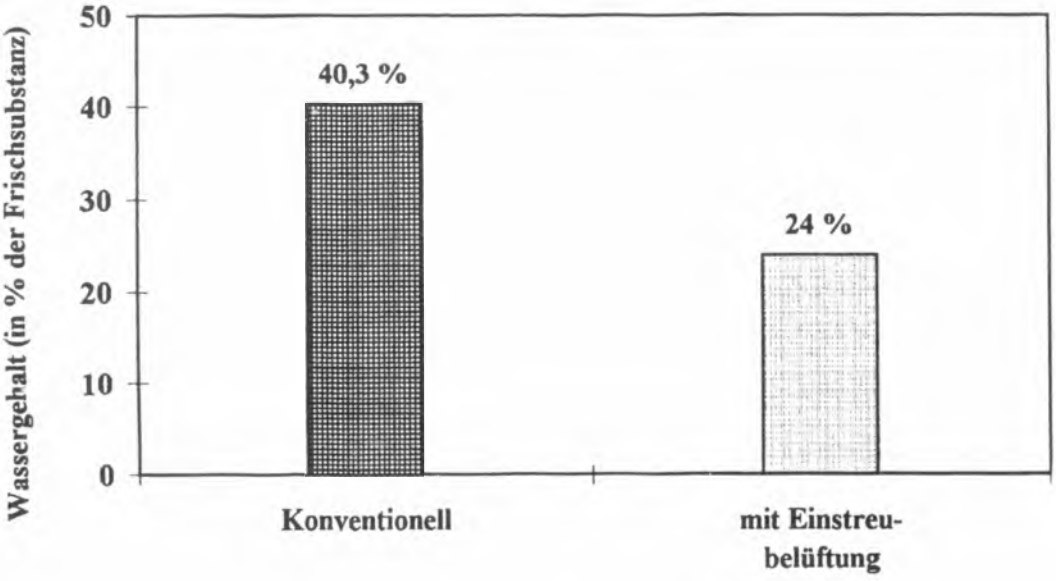


Abb.3 Feuchtegehalt der Einstreu (Mittel aus 3 Versuchsdurchgängen)

Abbildung 4 zeigt anhand der Ergebnisse des Durchganges Februar-März 1996 beispielhaft die Ammoniakemissionen (in g/Tag) beider Stallabteile. Meßbeginn ist der 8.Masttag. Die Mastdauer beträgt 35 Tage, bei einem Zielgewicht von 1700g. Durch Einstreubelüftung konnte die Ammoniakemission wesentlich reduziert werden. Insgesamt errechnet sich eine Reduktion der emittierten Ammoniakfracht um 67%.

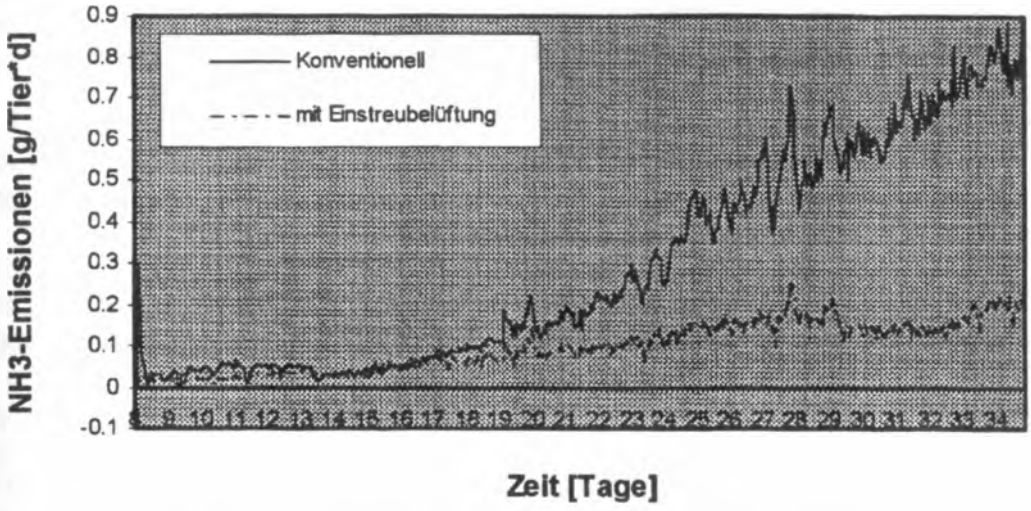


Abb.4 Wirkung der Einstreubelüftung auf die Ammoniakemissionen am Beispiel des Mastdurchganges Februar-März 1996, Meßbeginn: 8.Tag des Mastdurchganges

Die Reduktion der Ammoniakfracht beruht in erster Linie auf einer Senkung der Ammoniakkonzentration in der Stalluft. Abbildung 5 zeigt diesen Effekt deutlich. Chronisch-toxische Ammoniakkonzentrationen konnten bisher durch das Trampoline-System vermieden werden.

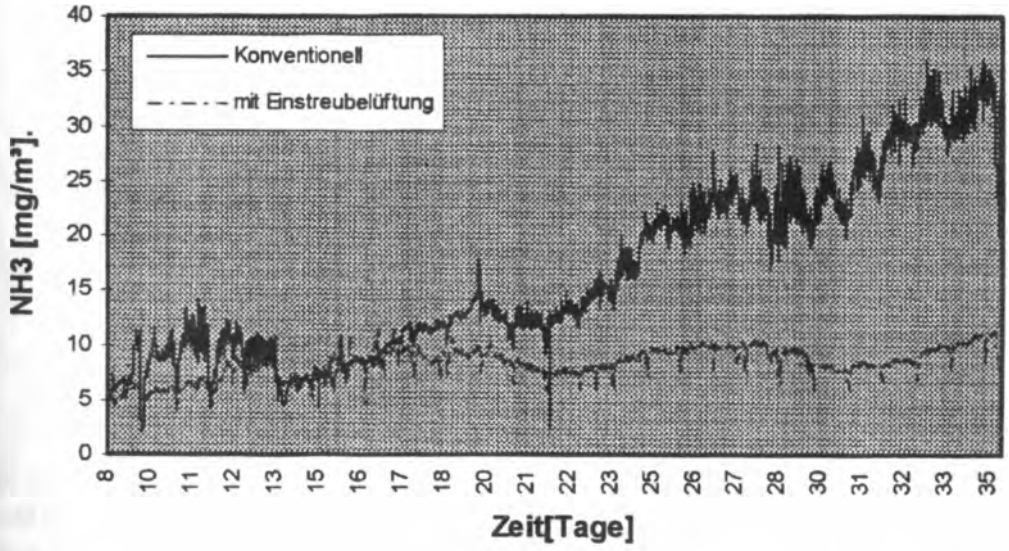


Abb.5 Einfluß der Einstreubelüftung auf die Ammoniakkonzentrationen in der Stalluft Meßbeginn: 8.Tag des Mastdurchganges

Die nachfolgend dargestellte Auswertung eines Sommerdurchganges zeigt, daß insbesondere in der Endmastphase durch Einstreubelüftung eine erhebliche Reduktion der emittierten Ammoniakfrachten erzielt werden kann. Aufgrund der großen Sommerluftraten werden in beiden Abteilen chronisch-toxische Ammoniakkonzentrationen vermieden.

Abbildung 6 zeigt die emittierten Ammoniakfrachten eines von hochsommerlicher Witterung geprägten Mastdurchganges (Juli-August 1996). Gegenüber dem konventionellen Verfahren beträgt die Emissionsminderung in diesem Durchgang 72%.

Aktuelle Meßergebnisse lassen vermuten, daß die Befeuchtung der Einstreu auch Folge hoher relativer Feuchte im Bereich der Bodenoberfläche unterhalb der Einstreu ist. Zumindest in den Wintermonaten betrug die Oberflächentemperatur zum Zeitpunkt der Einstallung im konventionellen Stallabteil weniger als 12°C. Bei Stalllufttemperaturen von 35°C und einer relativen Feuchte von 45% ergibt dies theoretisch eine deutliche Taupunktunterschreitung an der Bodenoberfläche (unterhalb der Einstreu). Im konventionellen Stallabteil erreicht die Bodentemperatur circa erst nach zwei Wochen die Raumtemperatur. Die vorliegenden Meßergebnisse lassen somit erwarten, daß in der Einstreu schon frühzeitig ein günstiges Mikroklima für Mikroorganismen entsteht. Durch die Bodenkonstruktion und die Einstreubelüftung entspricht im Trampoline-Stallsystem die Einstreutemperatur der Raumtemperatur.

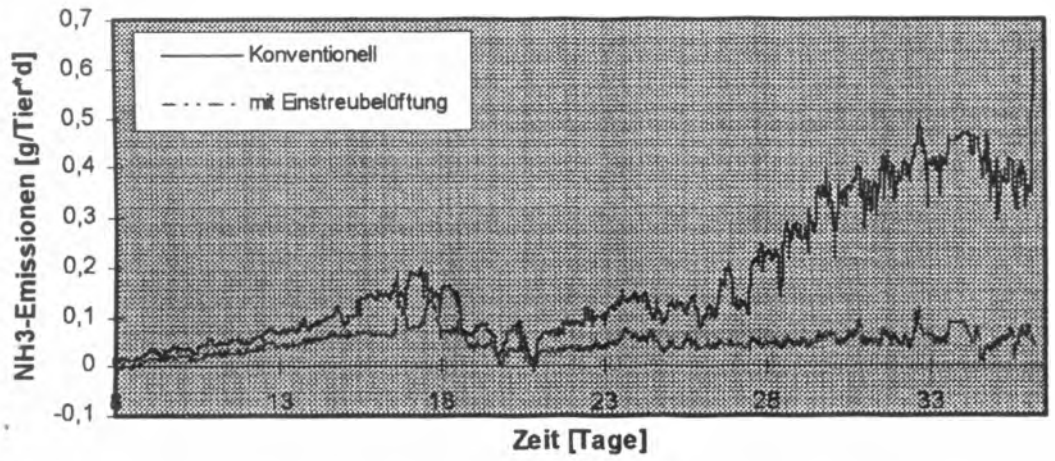


Abb.6 Wirkung der Einstreubelüftung auf die Ammoniakemissionen am Beispiel des Mastdurchganges Juli-August 1996, Meßbeginn: 8.Tag des Mastdurchganges

Wie beschrieben beruht die Reduktion der Ammoniakfreisetzung auf der Minderung mikrobieller Umsetzungsprozesse in der Einstreu. Diese Umsetzungsprozesse führen in konventionellen Hähnchenmastställen zu einem Abbau organischer Substanz. Im Vergleich zum Stallabteil mit Trampoline-Boden wurde hierdurch die Hähnchenmist-Trockensubstanz im Mittel von drei Mastdurchgängen um etwa 20% reduziert. Auf Grund dieser Abbauprozesse entsteht Wärme, die zusammen mit der Abwärme der Tiere in der Endmastphase Bodenoberflächentemperaturen über 30°C bewirken. In der Endmastphase überschreitet somit die Bodentemperatur die Stalllufttemperatur. Dagegen wird in Stallanlagen mit Trampolinesystem eine Wärmeproduktion in der Einstreu weitgehend vermieden und die Abwärme der Tiere über die nach unten gerichtete Bodenbelüftung abgeführt. Die Einstreutemperatur entspricht daher weitgehend der Stalllufttemperatur. Ein in Bezug auf die

Wärmeregulation der Tiere in Bodennähe ungünstiges Mikroklima wird hierdurch insbesondere in den Sommermonaten vermieden.

Einstreubelüftung nach dem Trampoline-System bewirkt somit neben einer zumindest in Bezug auf Ammoniak deutlichen Emissionsminderung auch stallklimatische Effekte. Eine wissenschaftlich fundierte Bewertung dieser Effekte ist allerdings zum jetzigen Zeitpunkt wegen des noch zu geringen Datenmaterials nicht möglich.

Der Energiemehrbedarf für die Einstreubelüftung betrug bisher etwa 80Wh pro abgeliefertes Masthähnchen. Hieraus errechnen sich bei einem Strompreis von 0,23DM/kWh Energiemehrkosten von 0,018DM pro abgeliefertes Masthähnchen. Unter Berücksichtigung des speziellen Stromtarifes des Versuchsbetriebes und Verwendung entsprechender Regeltechnik konnten jedoch die Mehrkosten für Energie auf 0,01DM pro Tier und Durchgang begrenzt werden. Im Winter können in konventionellen, zwangsbelüfteten Stallanlagen chronisch-toxische Ammoniakkonzentrationen im Prinzip auch durch eine Erhöhung der Luftrate vermieden werden. Dies bedeutet aber für den Betreiber einen erhöhten Ernergieverbrauch für Lüftung und Heizung.

Niederländische Versuchsergebnisse weisen darauf hin, daß ein Teil dieser Kosten durch eine deutlich bessere Mastleistung kompensiert wird. In den eigenen Untersuchungen wurde im Mittel der bisher abgeschlossenen 6 Mastdurchgänge in dem Abteil mit Einstreubelüftung ein im Vergleich zum Referenzstall um etwa 67g (s=24g) höheres Endgewicht erzielt. Hieraus resultieren -im Mittel 45g (s=26g)- signifikant höhere Schlachtgewichte .

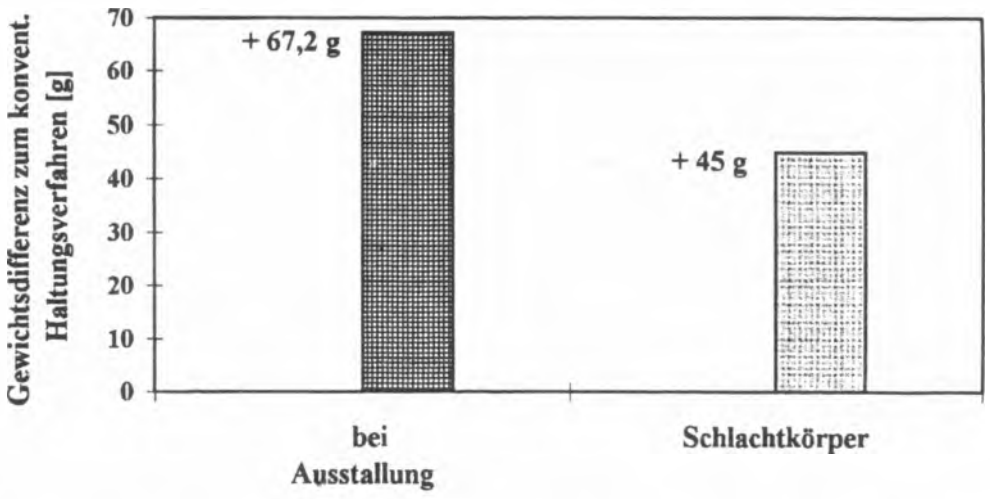


Abb. 7 Einfluß der Einstreubelüftung auf die im gleichen Zeitraum erzielten Mastendgewichte im Vergleich zum konventionellen Haltungsverfahren
In der konventionelle Mast liegt das durchschnittliche Mastendgewicht im Mittel von 5 Durchgängen bei 1719 g, das Schlachtkörpergewicht bei 1182 g

4 Ausblick

Das Verfahren der Einstreubelüftung erscheint nach dem jetzigen Kenntnisstand geeignet, Ammoniakemissionen erheblich (>70%) zu reduzieren. Gleichzeitig können die stallklimatischen und stallhygienischen Rahmenbedingungen und und damit auch die Produktionsleistung positiv beeinflußt werden.

In Bezug auf genehmigungsrechtliche, energetische, arbeits- und betriebswirtschaftliche Belange besteht zum jetzigen Zeitpunkt Forschungsbedarf. Hier setzen weitergehende Untersuchungen an. Zusätzliche Fragen hinsichtlich des Staubgehaltes in der Stalluft werden ebenfalls näher untersucht.

Insgesamt weist die vorgestellte Technologie ein hohes Potential für ein umweltgerechtes und ökonomisch tragbares Produktionssystem zur Hähnchenmast auf.

5 Literatur

GROENESTEIN, C.M. en H. MONTSMA (1991): Praktijkonderzoek naar de ammoniak-emissie van stallen - slachtkuikenstal met vloerventilatie -. Rapport 91-1001, DLO-Wageningen (Niederlande)

KROODSMA, W. (1993): Stand van zaken inzake het onderzoek in Nederland: De beperking van de ammoniakemissie uit pluimveestallen. In: Beperking van ammoniakemissie in stallen. KVIV-Technologisch Instituut, Antwerpen (Belgien)

VAN DER HOORN, C.J.M et al (1992): Ammoniakemissie en energieverbruik bij slachtkuikens. Publicaties Pluimveehouderij, pp.88-89. COVP-DLO, Het Spelderholt, Beckbergen (Niederlande)

Behandlung der tierischen Exkremente in Korea

PROF. DR. IN HWAN OH

Dept. of Agric. Machinery Engineering, Kon-Kuk University
Chungju, Korea 380 - 701

Member of Animal Resources Research Center (ARRC)
Seoul, Korea 143 -701

1 Einleitung

Die Beseitigung der tierischen Exkremente ist wegen schärferer Umweltgesetze zum existentiellen Problem der tierhaltenden Betriebe geworden.

Im folgenden Beitrag wird die Situation der koreanischen Tierproduktion erörtert. Es werden verschiedene Techniken zur Aufbereitung tierischer Exkremente behandelt. Am Schluß werden Untersuchungen von Flachsilokompostieranlagen gezeigt und Praxisanlagen aus Korea vorgestellt.

2 Allgemeines zur Tierproduktion

Während die Zahl der Betriebe in Korea stark abgenommen hat, ist die Anzahl der Tiere in der letzten Zeit angestiegen. Das bedeutet, die Betriebe werden größer, um konkurenzfähig zu sein (Tab.1,2).

Tab. 1: Development of Korean Livestock (Unit: 1000 Heads)

	1970	1980	1990	1995
Native Cattle	1286	1472	1622	2594
Dairy Cattle	24	207	504	553
Hog	1126	1784	4528	6461
Poultry	23633	40130	61689	85800

Tab. 2: Development of Livestock Farms (Unit: 1000 Heads)

	1970	1980	1990	1995
Native Cattle	1102	948	620	519
Dairy Cattle	3	18	33	24
Hog	884	503	133	46
Poultry	1338	692	161	203

Die landwirtschaftliche Nutzfläche Koreas beträgt insgesamt 2,45 Mio. ha, davon sind 47% Reisfelder. Es werden somit ca. 3 GV/ha gehalten. Am 1. Juli 1996 wurden die betreffenden Gesetze zur Handhabung der tierischen Exkremente verschärft. Tabelle 3 gibt die Einzelheiten wieder.

Tab. 3: Regulation of farm size based bulding area

	Permissions	Notification	Small size
Hog	Over 1000 m² (over 750 Heads)	Over 250 m², under 1000 m² (180-750)	over 70 m², under 250 m² (50-180)
Cow, Horse	over 900 m² (75)	over 350 m², under 900 m² (25-75)	over 120 m², under 350 m² (10-25)
Poultry, Sheep		over 500 m²	over 150 m², under 500 m²

Die Betriebe, die einer behördlichen Genehmigung bedürfen, müssen den BSB_5 - Wert des Stallabwassers auf unter 50 oder 150 mg/l reduzieren, wenn es in den Vorfluter eingeleitet werden soll. Die Betriebe, die nur eine Eintragung bei der Behörde brauchen, müssen den BSB_5 - Wert des Stallabwassers unter 350 oder 500 mg/l halten. Die Regierung hat Behandlungsanlagen von Betrieben mit Darlehen oder mit Zuschüssen gefördert. Die Summe der Fördermittel von 1990 bis 1996 hat ca. 450 Mrd. Won betragen.

3 Techniken zur Behandlung tierischer Exkremente

Tierhaltende Betriebe haben in der Regel nicht genügend oder fast keine landwirtschaftliche Nutzfläche. Diese Situation führte zu einer vielseitigen Entwicklung von Behandlungstechniken. Bild 1 gibt einen Überblick der Techniken.

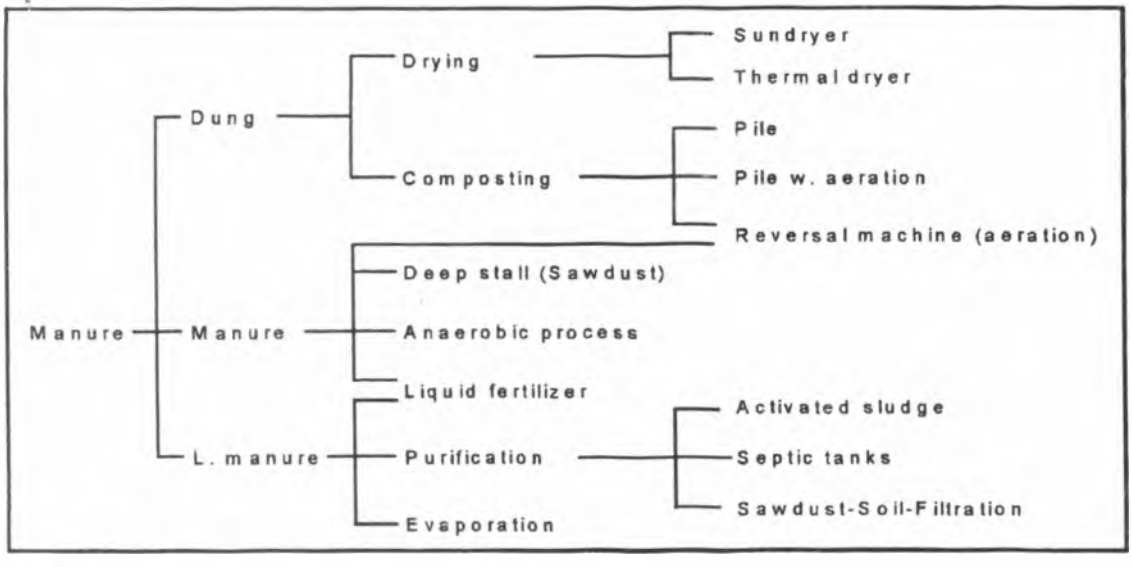


Abb.1: Techniken zur Gülleverwertung in Korea

Die Sundryer Methode wird meistens bei der Hühnerhaltung angewendet, da der Hühnerdung in der Regel weniger Feuchtigkeit enthält.

Kompostierung ist die am meisten angewendete Technik der Dungbehandlung bei allen anderen Tierarten. Die größeren Betriebe, z.B. Schweinehalter mit über 1.500 Mastplätzen, können sich die maschinelle Durchmischungsmethode leisten. Mit den Maschinen wird nicht nur Dung, sondern teilweise auch Gülle kompostiert. Ein Zusatzmaterial, z.B. Sägemehl, wird dem Material zugemischt, um die Feuchtigkeit zu regulieren. Wegen der Knappheit von Sägemehl sucht man andere Ersatzmaterialien z.B. Reisschalen. Konventionelle Güllesysteme sind meistens bei den Milchviehbetrieben zu finden, die genügend Ausbringfläche besitzen. Bei der Schweinehaltung ist die Tendenz zu folgendem Güllesystem erkennbar. Dung und Urin werden getrennt behandelt. Das Stallabwasser, eine Mischung von Urin und Reinigungswasser wird in einer Kläranlage mit dem Belebtschlamm - Verfahren gereinigt. Die Septic - Tank - Methode kommt nicht mehr in Frage, da sie die gesetzlichen Bestimmungen nicht erfüllt. Es gibt eine Reihe von gemeinsamen Kläranlagen. Dabei wird das Stallabwasser von mehreren kleinen Betrieben gesammelt und geklärt. Die Anlagen setzen sich zusammen aus Separierung sowie anaerober und aerober Behandlung.

4 Flachsilo-Kompostierung

Die Gülle wird mit einem Zusatzmaterial z.B. Sägemehl gemischt, dadurch ein Feuchtgehalt von 65-70 % eingestellt. Die Materiealhöhe beträgt etwa 1 m. Ein rotierendes Werkzeug in Form von einer Fräse oder einem Escalater mischt und wendet. Dieses geschieht 2-3 mal in der Woche. Meistens wird zusätzlich noch eine Zwangsbelüftung installiert. Mit Hilfe eines Gebläses wird die Luft von unten eingeblasen. Dies fördert den Kompostierungsvorgang und das Entweichen der Feuchte. Die restliche Feuchte wird durch die Fermentationwärme verdunstet. In nur 3-4 Wochen ist der Kompostierungsvorgang beendet.

Die Anlagen haben in der Regel eine Breite von 4-8 m, eine Höhe von 0,8 - 1,5 m und eine Länge von 60-100 m. Die Maschine läuft vor- und rückwärts. Es gibt auch Anlagen mit zwei parallel liegenden Kompostbeeten mit auf Schienen umlaufender Wendemaschine.

Der Versuchsbetrieb hat etwa 2.000 Mastplätze. Die Mastschweine werden auf Spaltboden gehalten, Sauen und Ferkeln auf Einstreu. Der Betrieb besitzt etwa 3 ha landwirtschaftliche Nutzfläche.

Der Betrieb hat eine Flachsilo-Kompostierungsanlage, sie hat eine Breite von 8m und eine Länge von 68m. Die Maschine besitzt Fräswerkzeuge, eine Vorfahrt- und Wendeeinrichtung und einen Gülletank. Der Tank wird mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, während die Maschine vorwärts läuft. Dadurch wird die Gülle aus dem Tank gleichmäßig auf das Kompostmaterial verstreut. Die Gebläse laufen, sobald die Außentemperatur zurück geht. Sie laufen im Stundeninterval. Wenn die Maschine läuft, wird das Material durch die Rotation 70 cm nach Hinten geworfen.

Es wurden wöchentlich Proben an 6 Stellen aus der Kompostierungsanlage entnommen. Der Feuchtegehalt der Rohgülle beträgt etwa 85% , der des Sägemehls etwa 24%. Am Ende der Kompostierung liegt der Feuchtegehalt zwischen 40-57% (Bild 2).

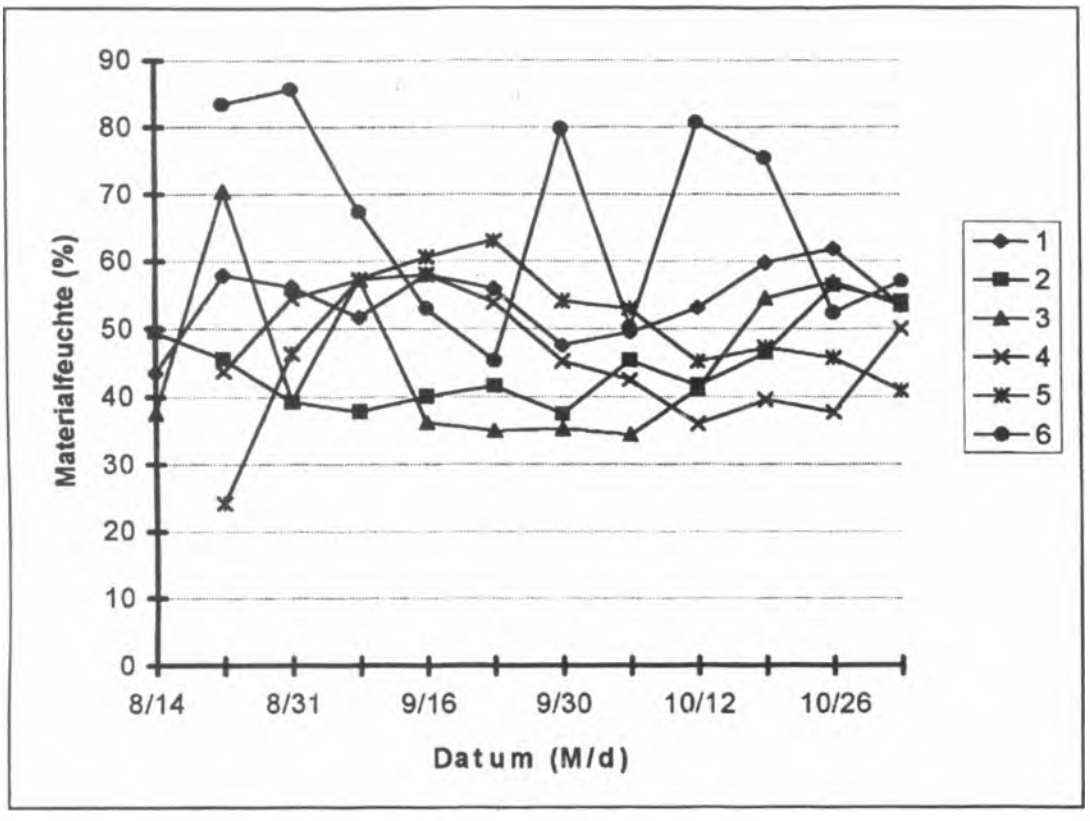


Abb.2: Materialfeuchte während der Rotte (1 - 6 Meßpunkte)

Die Temperatur erreicht einen maximal Wert von 70°C, sie liegt in den meisten Fällen zwischen 40°C-60°C (Bild 3). Sie läuft nicht nach den allgemein bekannten Kurven. Der Grund dafür ist, daß in diesem Zeitraum ständig Gülle zugegeben wurde, dadurch verzögert sich die Fermentation.

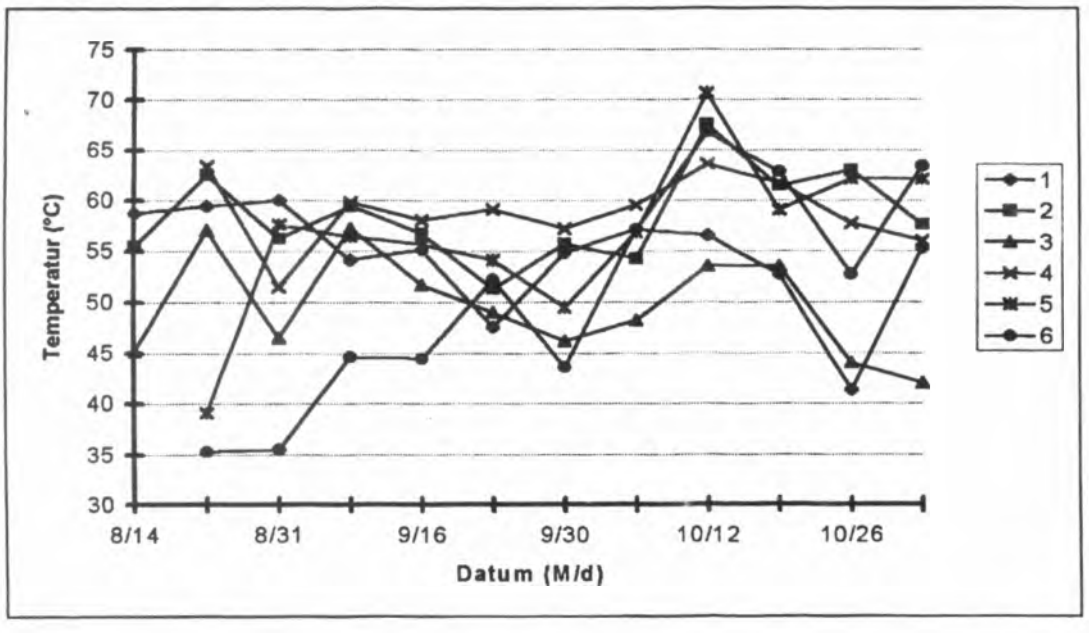


Abb. 3: Temperaturverlauf während der Rotte (1 - 6 Meßpunkte)

Der Aschegehalt zeigt einen interessanten Verlauf (Bild 4). Am Anfang ist die Streubreite der Werte sehr groß, weil das Sägemehl mit der Gülle wenig vermischt ist. Langsam steigt aber der Wert an und am Schluß liegt er zwischen 20-30%. Das bedeutet, daß die organische Substanz des Materials gleichmäßig fermentiert ist.

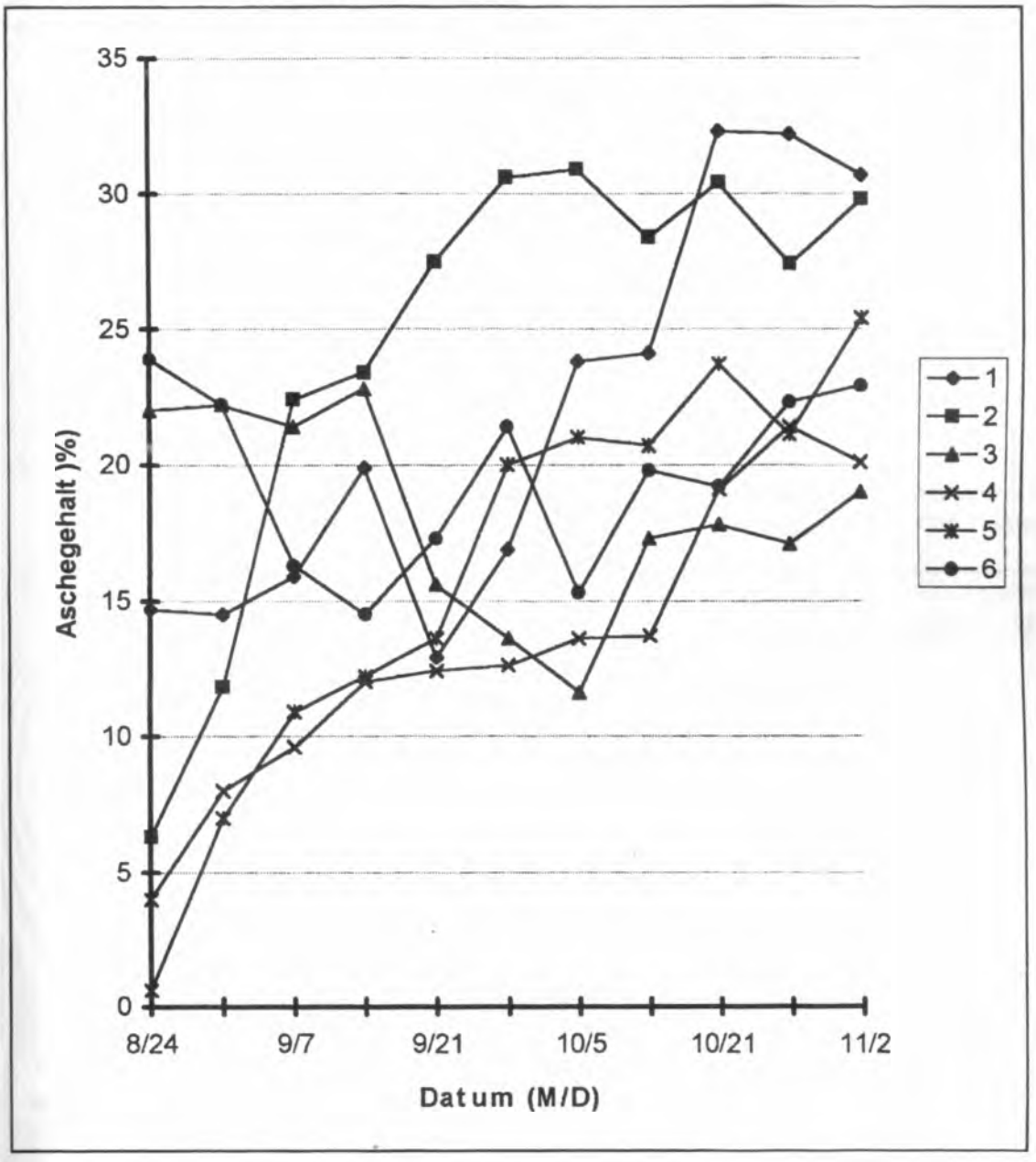


Abb. 4: Aschegehalt während der Rotte (1 - 6 Meßpunkte)

Der gesamte organische Kohlenstoff wurde nach der folgenden Formel berechnet:

TOC (Total organic carbon) % C = (100 - % Ash)/1.8

Am Anfang liegen die Werte des TOC zwischen 43-56% und zum Ende zwischen 38-46% (Bild 5). Die Inhaltstoffe von Rohgülle und Kompost wurden analysiert. Die Werte sind in der Tabelle 4 dargestellt.

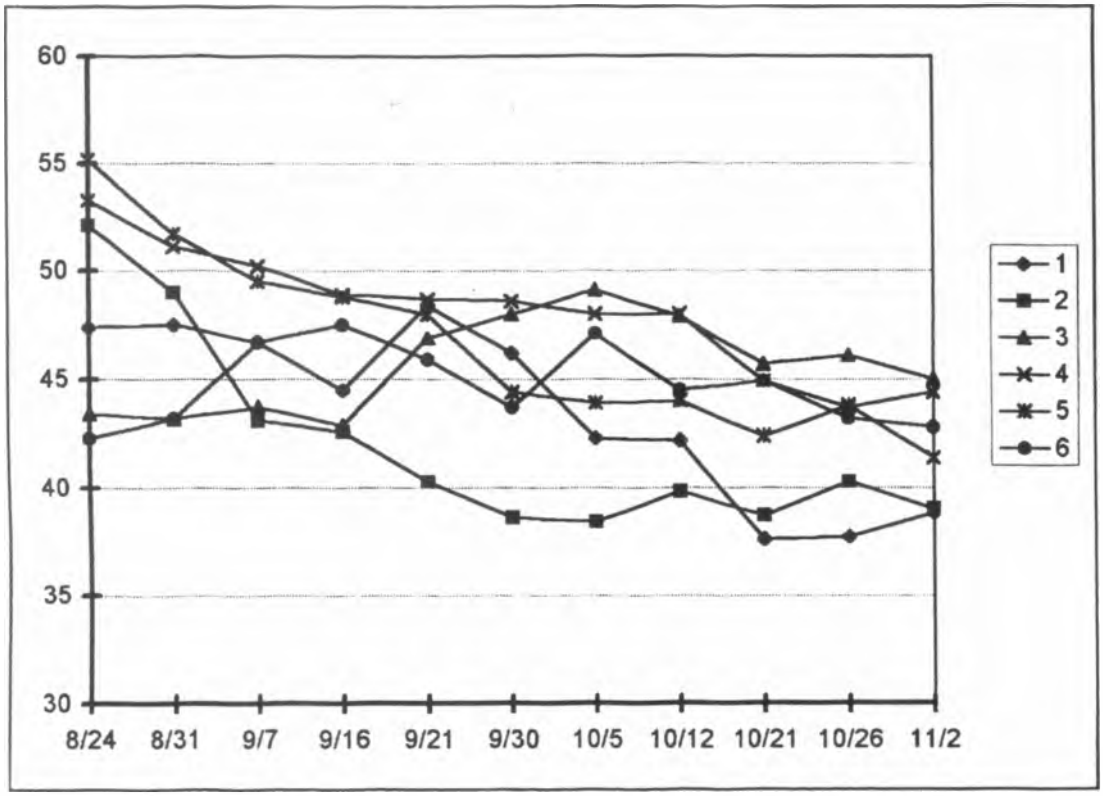


Abb. 5: Änderung der org. Trockenmasse während der Rotte (1 - 6 Meßpunkte)

Tab. 4: Analysis value from slurry and compost

	H_2O (%)	pH	OM (%)	OM/N	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Cu (mg/kg)
Slurry	80,4	9,3	15,3	11,3	1,35	0,96	0,63	199
Compost	52,4	9,1	34,6	23,7	1,46	3,39	2,07	435

Die Ammoniak Konzentration in der Luft wurde gemessen, und sie beträgt 20-25 ppm. Während des Untersuchungszeitraumes wurde fast alle anfallende Gülle in der Kompostanlage verarbeitet, ohne Gülle nach außen abfließen zu lassen.

5 Schlußfolgerung

Bei der Verwertung der tierischen Exkremente ist die Vergrößerung der Ausbringfläche z.B. auf Reisfelder besonders wichtig. Die vorhandenen Techniken müssen verbessert werden. Die Zunahme der Tierproduktion wird in Zukunft wegen der Umweltbelastungen durch die Gülle stagnieren.

Das Flachsilokompost-Verfahren kann im warmen Sommer bis Anfang Herbst alle anfallende Flüssigkeit verarbeiten, ohne daß Stallabwasser abfließt. Jedoch braucht man dazu eine

genügend große Kompostierungsfläche. Die Knappheit des Zusatzmittels ist der begrenzende Faktor bei der Durchführung dieses Verfahrens.

6 Literatur

Keck, M., Th. Jungbluth, J. Beck (1993): Ammoniakemissionen bei der Kompostierung tierischer Exkremente. Landtechnik (48) 428 - 430

Keener, H. M., C. Marugg, R.C. Nansen, H .A. J. Hoitink (1992): Optimizing the efficiency of the composting process. Proceedings of the International Composting Research Symposium, Columbus, OH. 59 -94

Lee, J. H., H. L. Choi (1996): Composting high moisture materials: Bio-drying livestock manure in a sequentially fed reactor. International Conference on Agricultural Machinery Engineering, KOEX Seoul, Korea 701 - 707

Oh, I. H (1992): Treatment of animal waste. The First International Symposium on the Develolpment of Natural Resources and Environmental preservation, Korea, University, Seoul, Korea 245 -271

Oh, I. H. (1993):An improved treatment of animal wastewater. International Conference for Agricultural Machinery and Engineering, KOEX Seoul, Korea 1379 - 1394

Popp, L., J. Boxberger (1995): Flachsilokompostierung von Rinderfestmist. Landtechnik (50) 230 -231

Untersuchungen zur Wirksamkeit von Güllebehälterabdeckungen zur Reduzierung von Emissionen

WANKA, Ute [1], G. HÖRNIG[2]

[1] Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland der Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Am Park 3, 04668 Köllitsch

[2] Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

1. Problemstellung

Wir leben in einer für Umweltbelange sehr sensiblen Zeit. Alle Unternehmen sind laut Bundes-Immissionsschutzgesetz verpflichtet, umweltgerecht zu produzieren. Das heißt, Betriebe haben sowohl die Natur vor Schadwirkungen durch Spurengase (z. B. Ammoniak, Lachgas, Methan) als auch die Nachbarschaft vor Belästigungen durch Geruch und Lärm zu schützen.

Um die Freisetzung von Spurengasen bei der Lagerung von Gülle zu begrenzen, schrieb das Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung in seiner Verwaltungsvorschrift vom 23.06.1994 vor, daß Alt- und Neuanlagen zur Lagerung von Gülle mit einem Fassungsvermögen von 2.500 m³ und mehr mit einer festen Behälterabdeckung zu versehen sind. Nach gemeinsamen Spurengasmessungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft und dem Landesamt für Umwelt und Geologie über Rindergüllebehältern, wurde die Verwaltungsvorschrift Ende 1996 dahingehend geändert, daß Schwimmschichten als "Abdeckungen" für Rindergüllelagerstätten zugelassen wurden. Die Pflicht zur festen Abdeckung von Schweinegüllebehältern bestand jedoch fort. Daher wurden von März bis November 1996 Untersuchungen zur Geruchs- und Spurengasfreisetzung aus Schweinegüllebehältern durchgeführt.

Der Umfang möglicher Reduzierungseffekte verschiedener Abdeckungen wurde mittels Kammermethode für die Gase Ammoniak, Lachgas, Methan und Kohlendioxid sowie mittels Olfaktometrie für Geruchsstoffe ermittelt. Es kamen folgende Abdeckungen im Vergleich zu schwimmschichtfreien Gülleoberflächen zur Anwendung:

- strohhäckselverstärkte Schwimmschicht
- Granulatschüttungen
- Schwimmfolie
- Zeltdach.

2. Material und Methoden

2.1. Untersuchungen in Praxisbetrieben

Zu Beginn der Untersuchungen haben wir uns ausfühlich mit der methodischen Seite von Emissionsmessungen beschäftigt. Auf der Suche nach einer relativ einfach anwendbaren und vor allem finanzierbaren Methoden haben wir uns für die Kammer- oder Glockenmethode entschieden.

In der Kammer werden in kontinuierlichen Zeitabständen, in unserem Fall im 2-Minuten-Intervall, die Konzentrationen an Ammoniak, Methan, Lachgas und Kohlendioxid bestimmt. Abbildung 1 zeigt, daß es in den ersten Minuten nach dem Aufsetzen der Glocke auf die Gülleoberfläche zu einem annähernd linearen Anstieg a der Konzentrationen unter der Glocke kommt. Die rechnerische Bestimmung des Anstieges aus den Meßdaten wurde einheitlich nach dem Verfahren der Nichtlinearen Optimierung (Excel-Solver) vorgenommen.

Nach Walter (1994) kann der Emissionsmassenstrom aus dem Anstieg der Konzentration zu Beginn der Meßphase und dem Volumen der Kammer berechnet werden.

$$m = V * a / A$$

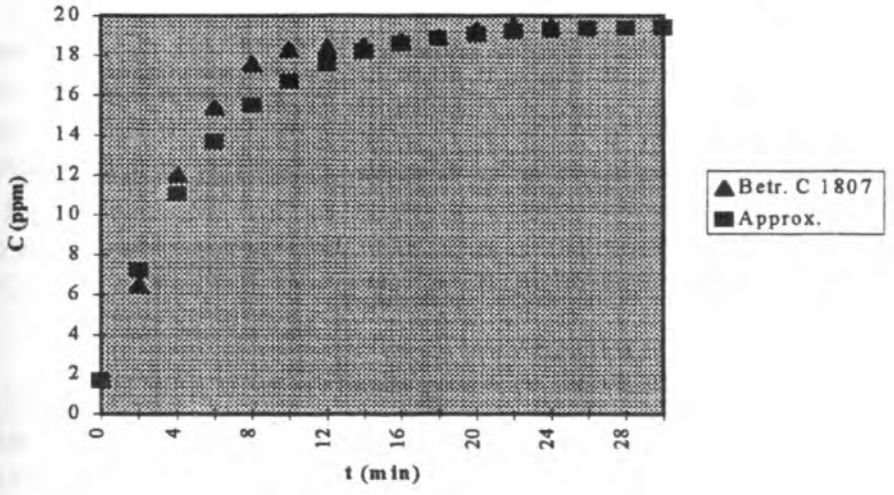


Abb. 1: Typischer Konzentrations-Zeit-Verlauf (Glockenmethode, Betrieb B am 18.07.1996)

Zur Charakterisierung der Konzentrationen von Ammoniak, Lachgas, Methan und Kohlendioxid wurde das Mehrkomponentenmeßgerät "Multigasmonitor 1302" der dänischen Firma Brüel & Kjaer eingesetzt.

Die Geruchsstoffbestimmung nahm das private Institut für Umweltanalytik Flöha mit einem Olfaktometer vom Typ 1158 vor. Für jede Messung wurden zwei bis drei Meßbeutel Probenluft in den Praxisbetrieben gezogen. Die Olfaktometrie wurde innerhalb von 24 Stunden nach der Probenahme durchgeführt.

Als weitere wichtige Meßgrößen wurden die meteorologischen Parameter

- Windgeschwindigkeit und -richtung sowie
- Außentemperatur in 2 m Höhe am Rand des Güllebehälters
- Gülletemperatur erfaßt

In die Untersuchungen wurden 4 Betriebe einbezogen (Tabelle 1). Entscheidend für die Auswahl der Betriebe war die Art der Güllebehälterabdeckung.

Um annähernd gleiche Gülleinhaltsstoffe sicherzustellen, wurden Betriebe ausgewählt, die etwa gleiche Tieraltersgruppen hatten (Zuchtsauen, Ferkel und Läufer). Auf das vergleichbare Verhältnis zwischen Sauenanzahl und Ferkel-/Läuferanzahl wurde dabei geachtet, um möglichst gleiche Voraussetzungen für die Güllebeschaffenheit (Trockensubstanz) zu erhalten.

Die Messungen wurden von Mai bis November 1996 durchgeführt.

Tab. 1: Charakterisierung der Betriebe

Betrieb	Tiere	Behälter	Abdeckung
A	500 Sauen 1800 Läufer / Ferkel 63 Jungsauen	2 Hochbehälter	Strohhäckselschicht
B	700 Sauen 3000 Läufer / Ferkel	3 Hochbehälter	Granulatschüttung
C	1100 Sauen 3500 Jungsauen 4500 Läufer / Ferkel	3 Erdbecken	Schwimmfolie
D	572 Sauen 1600 Läufer / Ferkel	2 Erdbecken	Zeltdach

Betrieb A

Im Betrieb A standen für die Untersuchungen 2 Hochbehälter von 24 m Durchmesser zur Verfügung. Der erste Behälter diente als Kontrolle. Der zweite Hochbehälter wurde mit 4 kg Strohhäcksel pro m² Fläche abgedeckt, indem das Häcksel mit einem Gebläse aufgebracht und anschließend untergemischt wurde.

Betrieb B

Als Granulatschüttung wurden Perlite in Form von Pegülit R und Pegülit M in je einen Hochbehälter von 16 m Durchmesser eingesetzt. Ein dritter Behälter diente dem Vergleich der Emissionswerte. Pegülit R ist ein weißes Naturgestein, dessen Schwimmfähigkeit durch Zusatz eines Additivs verstärkt wird. Seine Korngröße beträgt ca. 5 mm. Pegülit M enthält zudem einen feingemahlenen Zusatz, der die Abdichtung der Gülleoberfläche zur Umwelt zusätzlich erhöht.

Beide Schüttungen wurde mittels Gebläse in einer Stärke von 10 cm auf die Gülleoberfläche aufgebracht und mit einem Mixer untergerührt, um eine gleichmäßige Verteilung des Materials zu gewährleisten.

Betrieb C

Im Betrieb C wurde ein sehr großflächiges Erdbecken (100 m x 30 m) mit einer Schwimmfolie abgedeckt. Die Schwimmfolie besteht aus ca. 2 mm starken PE-Dichtungsbahnen, die miteinander verschweißt sind. Die Folie ist in der Beckenwand mittels Dübel verankert, um ein Verschieben der Folie unter Windeinfluß zu verhindern. Für die Güllehomogensierung sind 3 Öffnungen von 2,0 x 2,0 m vorhanden.

Für den Vergleich der Emissionswerte wurden zwei kleinere nicht abgedeckte Erdbecken genutzt.

Betrieb D

Zwei Erdbecken mit einem Durchmesser von je 12 m wurden im Betrieb D mittels PE-Folie, die zeltdachähnlich über die Behälter gespannt wurde, abgedeckt. Die Stabilität der Folie

war durch untergespannte Drahtseile gesichert. Für die Untersuchungen wurde das Zeltdach eines Beckens (Kontrolle) entfernt.

2.2. Untersuchungen unter Laborbedingungen

Unter experimentellen Bedingungen wurden im Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim die Geruchs- und Spurengasemissionen sowie die Schichtenbildung der Gülle bei Abdeckungen von Plexiglasbehälter mit Pegüli-M, Pegülit-R und Strohhäckselschicht geprüft. Die 4 Behälter (3 abgedeckte und 1 Kontrollbehälter) wurden mit Gülle gleichen Trockensubstanzgehaltes gefüllt.

Die Schichtdickenbildung wurde nach groben und feinen Sedimenten sowie Flüssigkeits- und Schwimmschicht unterschieden täglich dokumentiert.

Zur Spurengasmessung diente der Multigasmonitor 1302 (BRÜEL&KJAER). Während dieser Messungen waren die Zylinder mit einem Deckel versehen. Der Luftraum oberhalb der Gülle wurde durch Zupumpen von Außenluft einmal je Minute durch Einheiten von 1000 l/h ausgetauscht. Vor und nach der Gaskonzentrationsmessung in den Zylindern wurde das Konzentrationsniveau der Außenluft analysiert.

Mit Beginn der Spurengmessung wurde je Variante ein geruchsneutraler Folienbeutel mit ca. 15 l Probenluft aus dem Raum zwischen Gülleoberfläche und Deckel gefüllt. Die Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration erfolgte am Olfaktometer "TO-6".

3. Ergebnisse

3.1. Untersuchungen in Praxisbetrieben

Für die Berechnung zur Wirksamkeit einer Abdeckung wurden die Behälter eines Betriebes verglichen. Der Emissionsmassenstrom pro m² Oberfläche des nicht abgeckten Behälters wurde als Referenzmenge in die Rechnung einbezogen. Betriebliche Voraussetzung für die Untersuchungen war das gleichmäßige Befüllen aller Behälter mit einheitlicher Gülle.

Wirksamkeit der Strohhäckselabdeckung

Die im Behälter aufgebrachte Strohmenge von 4 kg / m² Oberfläche bewirkte eine durchschnittliche Emissionsminderung von etwa 80 % für Ammoniak und Geruchsstoffe.

Tab. 2: Mittlere Emissionsminderung bei Strohhäckselabdeckung

Gase	Emissionsminderung in %
Ammoniak	79.9
Lachgas	13.0
Kohlendioxid	45.3
Methan	35.3
Geruchsstoffe	83.8

Die Lachgas-, Kohlendioxid- und Methanfreisetzung wurde im Durchschnitt der Messungen lediglich um 13 %, 45% und 35 % reduziert (Tabelle 2). Die Strohhäckseldecke variierte bei den Messungen zwischen 5 und 10 cm. Tendentiell wurde mit Zunahme der Deckschichtdicke eine über dem Durchschnitt liegende Reduktion der Ammoniakemissionen (bis 95 %) festgestellt. Unabhängig von der Schichtdicke gestaltete sich die Lachgasfreisetzung. Es wurden im Verlauf der Messungen sowohl Minderungseffekte von maximale 62 % aber auch Erhöhungen der Emissionen bis zu 40 % ermittelt.

Wirksamkeit der Granulatschüttungen

Beim Aufbringen der Pegülitschüttungen wurde darauf geachtet, daß in beiden Versuchsbehältern Schichtdicken von 10 cm erreicht wurden. Zwischen den geprüften Substanzen bestanden beträchtliche Unterschiede. Pegülit R bewirkte eine Verringerung der Ammoniakemissionen um 63 %, von Methan und Geruchsstoffe um 21 % bzw. 30 % (Tabelle 3). Für die Lachgasfreisetzung wurde eine Erhöhung um 44 % festgestellt.

Tab. 3: Mittlere Emissionsminderung bei Abdeckung durch Pegülit R und Pegülit M

Gase	Emissionsminderung in % bei Abdeckung durch	
	Pegülit-M	Pegülit R
Ammoniak	91.0	62.9
Lachgas	-57.7 *	-44.1 *
Kohlendioxid	28.0	2.1
Methan	85.2	20.8
Geruchsstoffe	93.0	30.0

* negative Zahlenwerte bedeuten eine Erhöhung der Emissionen

Durch Abdeckung mit Pegülit M konnten die Emissionen von Methan, Ammoniak und Geruchsstoffen um 85 bis 93 % reduziert werden. Die Lachgasfreisetzung pro m² Oberfläche wurde um 57 % gesteigert. Bei Schichtdickenmessungen wurde festgestellt, daß sich unter der 10 cm starken Deckschicht eine natürliche Schwimmschicht bis zu 30 cm gebildete hatte. Zu welchem Anteil diese Schwimmschicht zur Reduzierung der oben genannten Emissionen beitrug, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Da im Kontroll- und dem mit Pegülit R abgedeckten Behälter keine Schwimmschichtbildung registriert werden konnten, wurden im Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim Untersuchungen zur Schichtenbildung der Gülle sowie zur Spurengas- und Geruchsfreisetzung bei Abdeckung mit Pegülit unter Laborbedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind im zweiten Teil dargestellt.

Wirksamkeit der Schwimmfolienabdeckung

Bei den Messungen zur Bestimmung der Wirksamkeit der Schwimmfolie wurde die Meßkammer sowohl bei dem unabgedeckten als auch bei dem mit Schwimmfolie versehenen Behälter auf die Gülleoberfläche aufgestellt. Bei dem abgedeckten Becken wurden zu diesem Zweck eine Homogenisierungsöffnung genutzt, die über den gesamten Versuchszeitraum geöffnet war. Da spezielle Ventile fehlten, die ein Entweichen der sich unter der Folie gesammelten Gase ermöglichen, gelangten alle Ausgasungen über diese Öffnungen in die Umwelt. In Tabelle 4 ist die Emissionsminderung / -erhöhung auf 1 m² Fläche und auf die emissionswirksame Fläche der Becken bezogen, ausgewiesen. Als emittierende Fläche wird bei

dem nicht abgedeckten Becken 3000 m², bei dem abgedeckten Becken lediglich 12 m² wirksam.

Tab. 4: Mittlere Emissionsminderung bei Schwimmfolienabdeckung

Gase	Emissionsminderung in %	
	pro m² Gülleoberfläche	emissionswirksame Fläche
Ammoniak	7.7	99.7
Lachgas	-45.3	99.6
Kohlendioxid	-11.5	99.7
Methan	35.3	99.9

* negative Zahlenwerte bedeuten eine Erhöhung der Emissionen

Obwohl bei Abdeckung von Güllebehältern die Sauerstoffzufuhr ins Becken reduziert wird, war die Freisetzung von Methan, das speziell unter anaeroben Bedingungen gebildet wird, pro m² Gülleoberfläche um 35 % vermindert. Lachgas und Kohlendioxidemissionen wurden um 45 % und 11 % erhöht. Durch die starke Reduzierung der emissionswirksamen Oberfläche ist für alle Gase eine Emissionsminderung von mehr als 99 % in diesem Betrieb möglich.

Wirksamkeit der Zeltdachabdeckung

Um Gase abzuleiten, die sich infolge der mikrobiellen Abbauprozesse in der Gülle bilden, wurden in die Zeltfolie Löcher gestanzt. Über diesen Löchern wurde die Meßglocke auf die Folie aufgesetzt. Durch das Zeltdach wurde die emissionswirksame Fläche von 113 m² auf 1 m² reduziert. Die Freisetzung von Spurengase wurde um 96 % bid 99 % gesenkt (Tabelle 5) Die Emission von Geruchsstoffen verminderte sich um 82 %. Ein Vergleich der Emissionsmassenströme / m² ergab, daß sich infolge der Abdeckung die Methanproduktion in der Gülle erhöhte. Deren Freisetzung wurde um 72 % gesteigert.

Tab. 5: Mittlere Emissionsminderung bei Zeltdachabdeckung

Gase	Emissionsminderung in %	
	pro m² Gülleoberfläche	emissionswirksame Fläche
Ammoniak	39.3	99.5
Lachgas	-22.5	98.4
Kohlendioxid	-7.7	98.5
Methan	-72.4	96.0
Geruchsstoffe	81.9	

* negative Zahlenwerte bedeuten eine Erhöhung der Emissionen

3.2. Untersuchungen unter Laborbedingungen

Absetzverhalten

Bei Abdeckung des Behälters mit Strohhäcksel bildeten Stroh und Güllefeststoffe eine starke Schwimmschicht, die zudem Gasblasen enthielt. Nach der Homogenisierung bildete das Gülle-Stroh-Gemisch über 24 Stunden einen durchgehend homogenen Stapel, am 11. Versuchstag begann die Trennung in grobes Sediment, Flüssigkeit und Schwimmschicht, die sich nach dem 18. Versuchstag nicht mehr veränderte.

Die Gülle, die mit Pegülit R abgedeckt wurde, bildete eine etwa 2-3 cm starke Schwimmschicht, die auch nach der Homogenisierung wieder entstand. Pegülit R schwamm nach der Homogenisierung innerhalb weniger Stunden wieder vollständig auf.

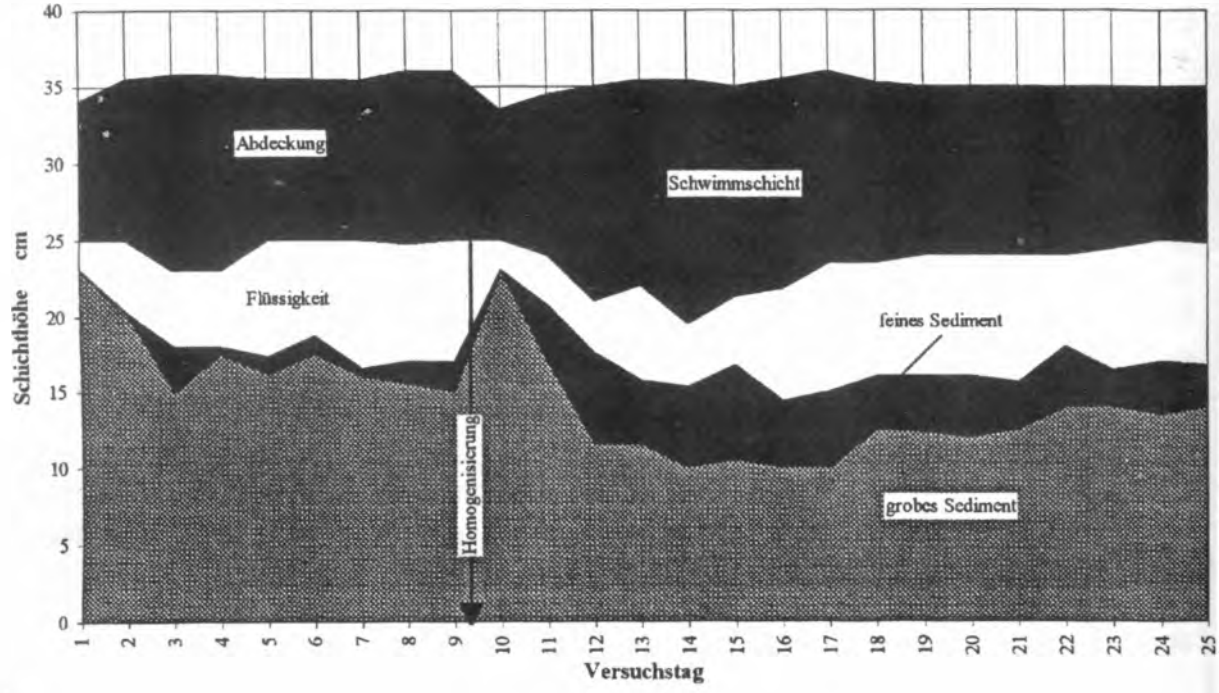


Abb. 1: Absetzverhalten von mit Pegülit R abgedeckter Schweinegülle

Im Unterschied zur Variante Pegülit R wurde die Schwimmschicht unter der Abdeckung mit Pegülit M durch die Homogenisierung aufgelöst. Es bestand im wesentlichen eine Schichtung in grobes und feines Sediment, Flüssigkeit und Abdeckschicht. Wesentlich ist die Feststellung, daß Pegülit M rasch wieder an die Oberfläche aufschwamm, wenn auch Güllepartikel diese Abdeckschicht durchsetzten.

Spurengaskonzentrationen

Für die Bestimmung des zeitlichen Verlaufs der Spurengaskonzentrationen wurden die an einem Tag ermittelten Konzentrationen zu Tagesmittelwerten zusammengefaßt. Für die Betrachtung des zeitlichen Verlaufs zwischen den Versuchstagen 1 und 25 wurde vom Mittelwert der Innenkonzentration jeweils die Außenkonzentration abgezogen.

Die NH_3-Konzentration nahm bei den Varianten in der Reihefolge Kontrolle, Strohabdeckung, Pegülit R- und Pegülit M-Schicht ab. Die Homogenisierung verändert das

Emissionsverhalten kurzzeitig, im Durchschnitt wurde jedoch die NH_3-Emission um 50 bis 70 % durch Pegülit bzw. um 30 % durch Stroh reduziert (Abbildung 2).

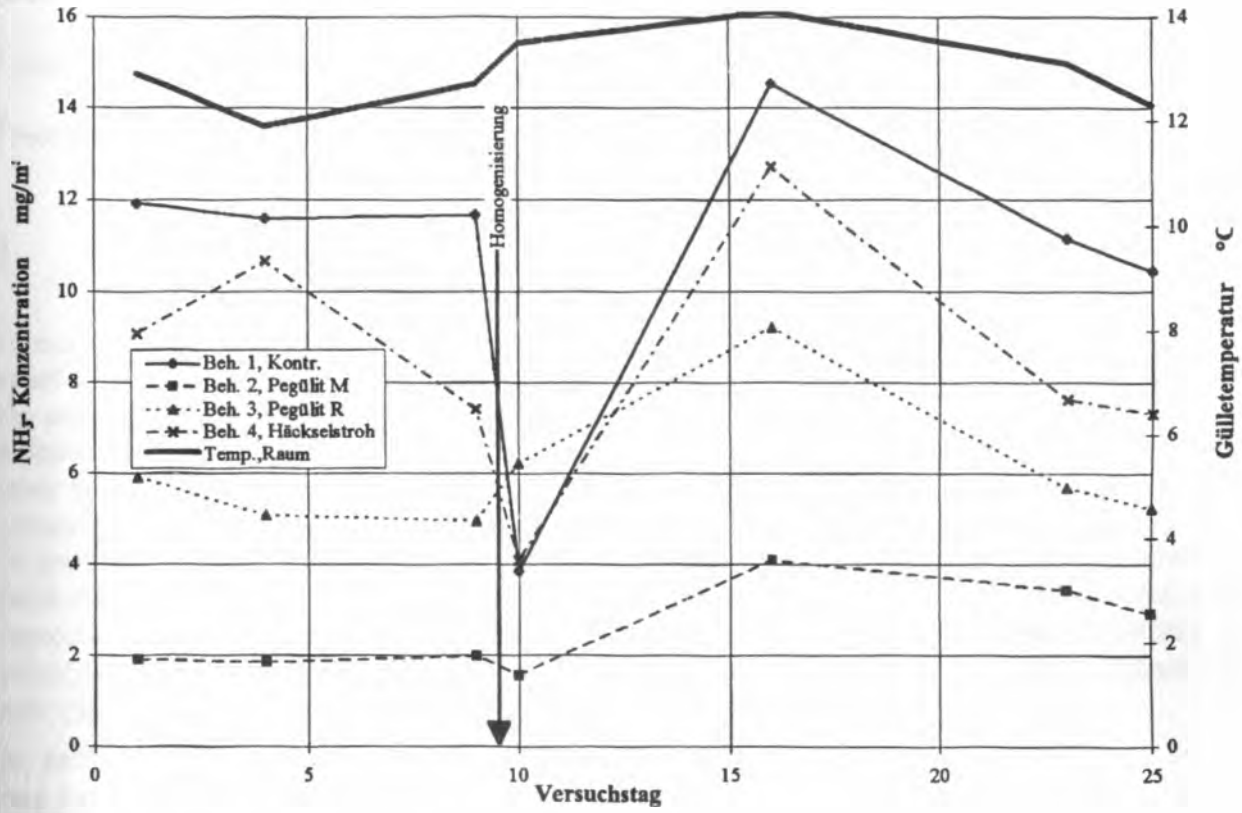


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der Ammoniakkonzentrationen

Die N_2O-Konzentration über der Gülle bzw. den Abdeckungen war geringer als die der Außenluft zu Beginn der Messungen. Eine Erklärung könnte sein, daß die Gülle N_2O bindet. Eine Denitrifikation, die zur N_2O-Bildung führt, hat in der kurzen Versuchszeit sicher noch nicht stattgefunden.

4. Zusammenfassung

Ein landwirtschaftliches Unternehmen unterliegt ökonomischen Zwängen. Die Abdeckung von Güllelagerstätten macht zusätzliche Ausgaben erforderlich. Problematisch und teuer ist die Abdeckung sehr großflächiger Erdbecken. Der Überbau von Zeltdächern ist aufgrund der Größe der Becken nicht möglich. Als Alternativlösungen bieten sich Strohhäcksel- oder Pegülit M-Schüttungen an. Wie die Ergebnisse aus den oben beschrieben Praxis- und Laboruntersuchungen zeigen, kann die Freisetzung von Geruchsstoffe durch diese Abdeckungen um 83 % bis 93 % vermindert werden. Auch die Ammoniakemissionen wurden um 80 % bis 91 % reduziert. Es ergeht daher die Empfehlung ans Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung Pegülit M und Strohhäcksel zur Abdeckung vor Schweinegüllebehältern zuzulassen.

5. Literatur

WALTER, A. (1994): Verfahren zur Emissionsmessung klimarelevanter Gase, Internationaler Workshop, Universität Hohenheim

Livestock Buildings as Working Space

BRDAREVSKA, MARIJA[1], VOJNOVIĆ, M.[2]

[1] Arch. Marija Brdarevska, M.S., Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Yugoslavia

[2] Prof. Dr. Arch. Milan Vojnović, Faculty of Architecture, University of Priština, Yugoslavia

1 Introduction

Human race and domestic animals have gone a long way together throughout the history. They spent certain époques sharing the same accommodation; initially taking up a residence together in the same space, or at different stories under the same roof. The accommodation was no more but a shelter for man and animal, good enough to survive bad climatic condition, various enemies and other sorts of misfortunes coming from low living standards of primitive societies. Technological advances, rough urbanization as well as other kinds of processes enhanced more high quality food to meet the needs of the ever growing population. It effected agriculture and enhanced intensive production in all fields of its activities, especially the breeding of domestic animal species and their reproduction. The development of agricultural technologies similar to those customary in industrial production were initiated; i.e. quantitative and qualitative food production changes and new definitions of the workplace for those employed in agricultural production.

In satisfying the prime aim in architectural design livestock buildings must meet relevant requirements coming from: technology and zoohygiene, regulations, constructing materials and frame systems.

The major issue in livestock building design is to define technological space; its dimensions, geometry and other qualities needed in technological process involving domestic animals, equipment and mechanization, and the staff engaged.

2 Method

2.1 Factors and Analyses

Livestock buildings are primarily designed, constructed and equipped in order to meet needs of domestic animals, but are also expected to perform the working space for man. Space design according to the characteristics of the human body is to create a working environment contributing to human and safe working conditions in livestock production as well as a maximum production level in this branch of agriculture.

Architectural livestock buildings design is based, among others, on the analyses in the field of:

- ergonomy,
- specific productive processes in agriculture which enclose manpower working within the farm\

- space and
- - actual occupational regulations which include rules related to health and safety legislation.

The results achieved must be reconciled and their effect is to be focused on further decisions in reaching final technical space solutions in creating human and safe working space.

3 Ergonomy Impact to the Working Environment

The human body and reach characteristics of individual are known to effect architectural design. Throughout history average dimensions of man have been the basic criteria for creating and shaping his technical environment. That was the result of necessity when equipping space with things that would be useful according to the possibilities of his own. Relevant data related to the presence of manpower in the space for technological purposes, beside the human body dimensions are many characteristics which man displays doing his jobs and which he demonstrates within the working environment. [1] The following characteristics can be listed:

- static anthropometric data,
- dynamic anthropometric data,
- sensor/perceptive characteristics,
- intellectual characteristics.

When designing a space according to human measurements regional antrophometric analyses are available. If such do not exist, Canon, Modulor, or standards of human measures and proportions can be applied, as shows figure 1. [2]

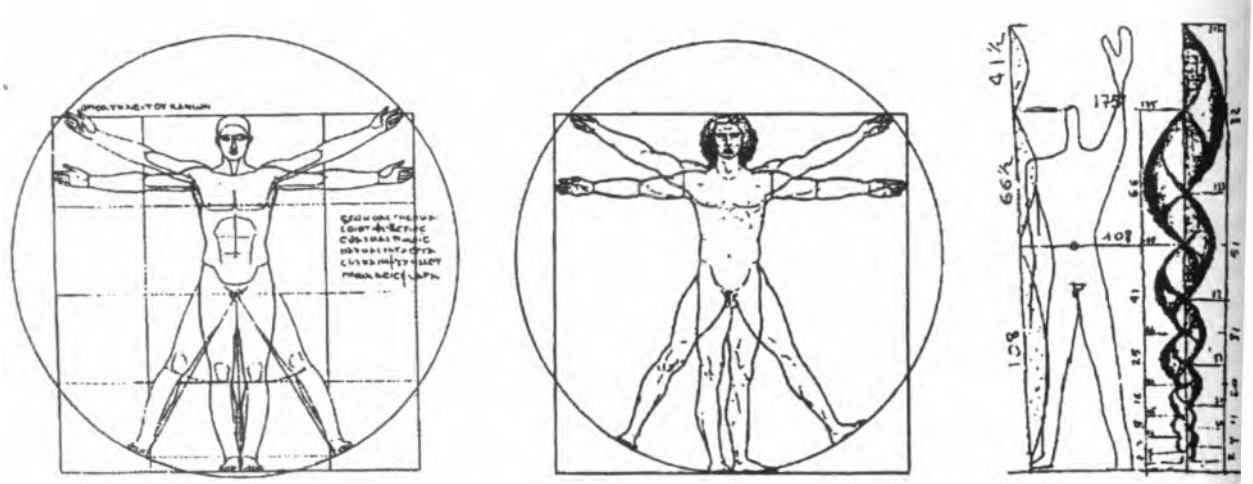


Fig. 1.: Human body according to Vitruvius, Da Vinchi and Le Corbusier

Fundamental statements of such examinations are average dimensions of a man and the prime measure is his height, which varies depending on the author, as shown in table 1. [3] [4]

Tab. 1.: Human body height

Neufert	Le Corbusier	Sýkora
175cm	183cm	190cm

Human body in action forms a volume of working zones depending on the physical and other capabilities which are common for man when doing his duties, as well as on the kind of job he is engaged in.The most general shape of the space necessary for work is shown in figure 2. [5]

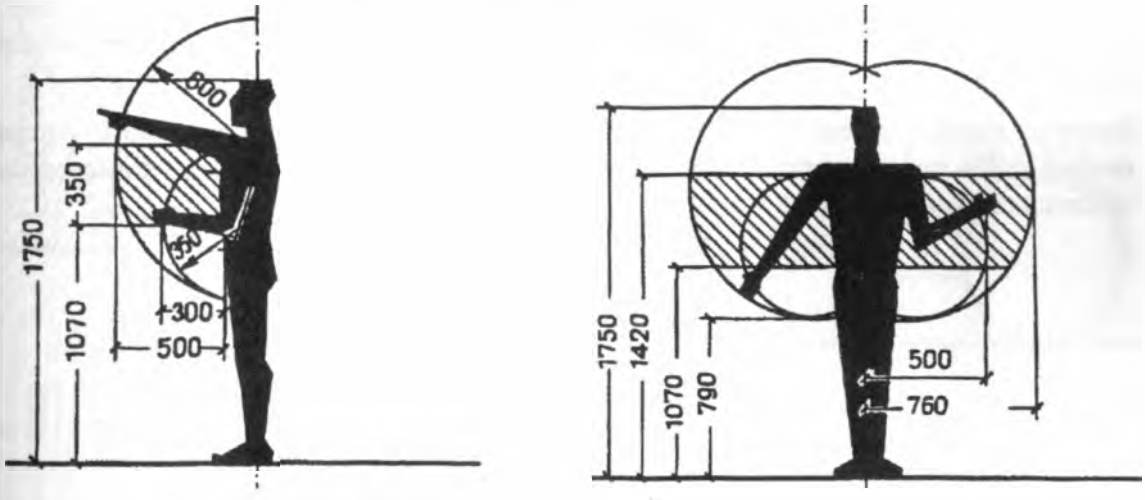


Fig. 2.: Shapes of working space

Field of view is also the consequence of human body characteristics and it extends, in the case of average capability man in the scope as given in Figure 3. [5]

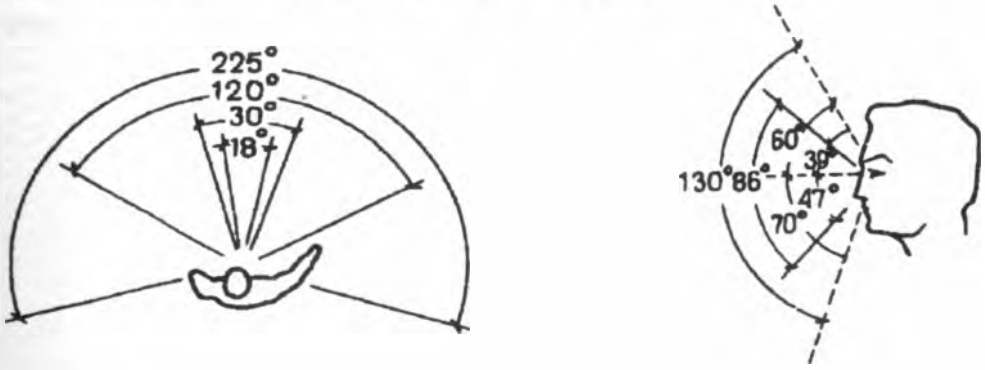


Fig. 3.: Field of view

Many factors connected with human sensitivity are specific for the working environment and the results of manpower engaged. They are noticeable and measurable and their values create zones of three quality levels: comfortable, zone of tolerance and risky zone.

Besides there exist many other factors of hazard which are a part of production processes in agriculture, such as: flash effect, chemical materials of different kind and origin, bacteria etc.

4 4 Manpower within the Space of Livestock Buildings

The level of mechanization and automatization applied according to the technical decisions on fattening, watering, waste disposing as well as the other steps of the process of domestic animals breeding, defines the number and sex of the staff, types of activities they are involved in, the necessity of walking in doing the routine jobs and their behaving and interventions in productive environment of farm buildings under the conditions of emergency.

Man's presence and his work in farm buildings implies the adaptation of the space basically designed for productive purposes of livestock farming, considering human body dimensions and average motoric capabilities of man when performing the jobs anticipated.

Everyday duties in recent farming include a few possible activities - manual work, equipment and mechanisation operating, production process supervising and eventually expert intervention. Some of them are given in figure 4.

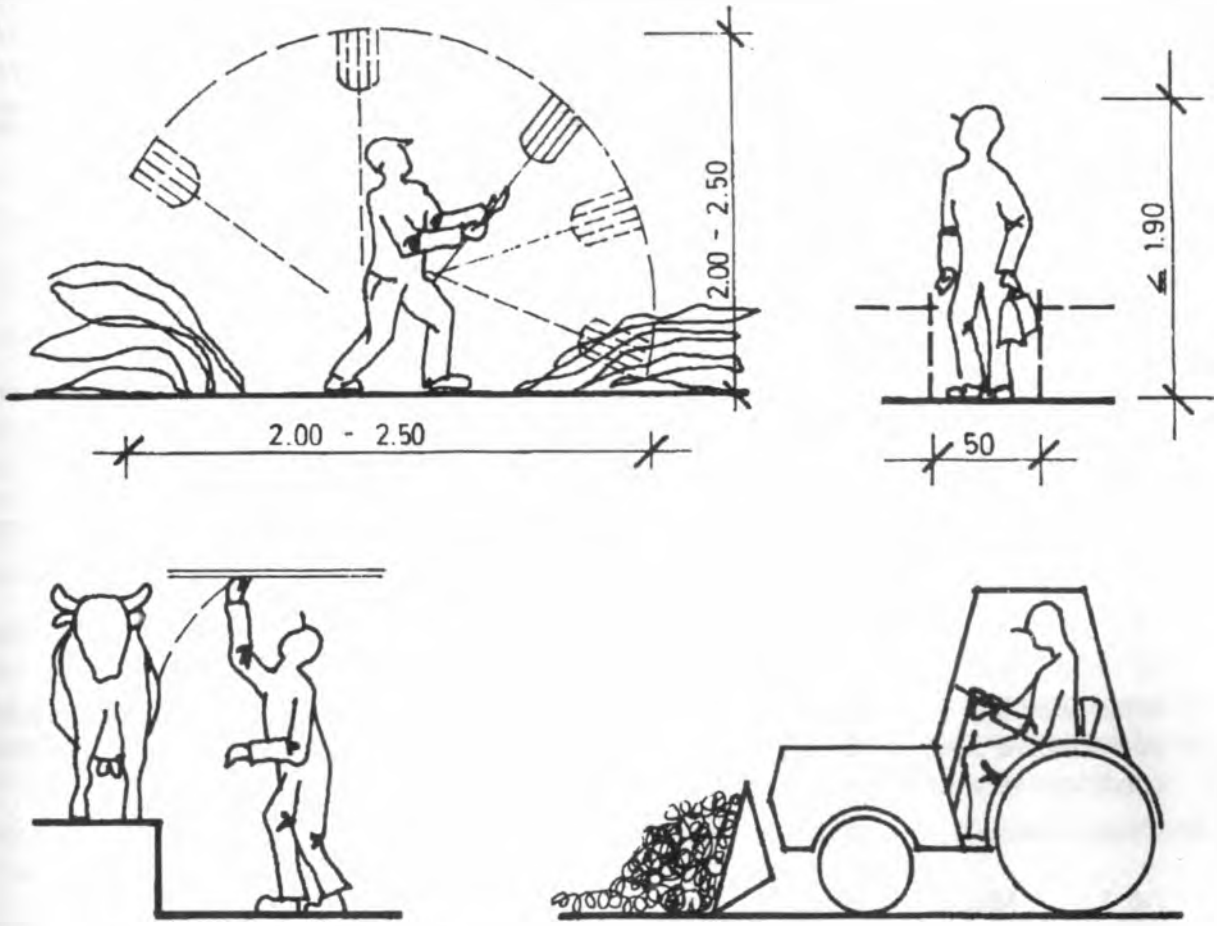


Fig. 4.: Everyday activities in farming

It is certain that the area and volume estimation will primarily be based on the dimensions, possibilities and needs of domestic animals, as a mayor criteria for the whole livestock space. Besides this elementary rule, the principle of the larger subject when defining the dimensions of those elements used by two or more users of different size, must be applied . Each component of this kind of productive space, from the aspect of its dimensions and other qualities, does not depend on the measurement analyses when standing by, but also on the state of movement, like walking, shunting, reaching, grabbing, lifting, as shown in figure 5.

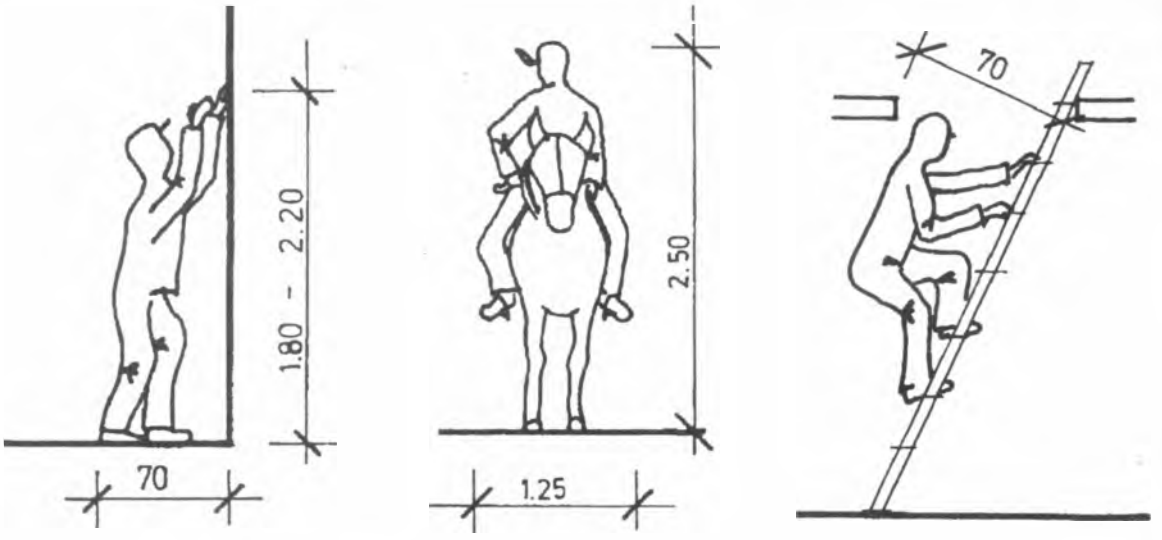


Fig. 5.: Activities in livestock space

Other working conditions for man in livestock buildings are related to the characteristics of microclimate. Depending on the species and the category of domestic animals the microclimate conditions vary, as shown in table 3. [6]

Tab. 3.: Microclimate in pig buildings

domestic animals	temperature °C	humidity %	CO_2 l/m^3	NH_3 l/m^3	H_2S l/m^3
piglets	12 - 32	40 - 80	3,5	0,02	0,005
fattening pigs	15 -18	60 -80	3,5	0,02	0,005
sows / boars	5 -15	60 - 80	3,5	0,02	0,005

Dust content in air, odour and other occurrences in livestock buildings space important for the stall as a human working environment, do not represent an important ambiental condition for domestic animal breeding.

5 Actual Legislature Impact

In our country occupational protection legislature includes the protection of those employed in general, as well as a specific case of work in agriculture. Some paragraphs of the law are connected with the field of livestock buildings and activities within the working space.

Common occupational protection regulations are related to the safety working conditions with application of technical, organisational, social and other measures and means of protection which ensure safe and health working environment. [7] The mayor aim of these regulations is health and life protection in working space, against the occurrence of exposure to danger originating from:

- technology processes taking place in production space,
- unpleasant ambiental space conditions,
- tools, equipment and other technical means,
- manipulating with dangerous materials as well as from other kinds of hazards.

Special regulation on occupational protection of those exposed in agriculture in its general paragraphs issues rules on safe evidence of jobs in livestock buildings since the early phases of designing: when selecting technology, designing and constructing farm buildings. Guarantee of human safety in buildings must exist when staying, moving and working. Legislature includes the design problem of other buildings like wardrobes, water closets, bathrooms, rooms for a rest in specific cases, as well as appropriate infrasystems and pathways. [8]

Regulated working space temperature must be under 10°C during winter, when spending 2 hours at the workplace, or over 14°C for 8 hours engagement. Ambient temperature is limited at 30°C, if the humidity is approximately 80%, except in cases of specific technology processes in poultry where the productive conditions require upper temperature levels, the shortening work duration in such spaces is required.

Other working conditions in livestock buildings are regulated according to Yugoslav standards and they are related to the working conditions of various productive activities.

The application of regulations effects the constructive materials selection, floors and walls surface adaptation, space equipping, dimension estimation and shaping according to the physical and other manpower capabilities. However in some cases special measures and means of protection need to be applied.

6 Conclusions

6.1 Livestock Building Design Data According to the Measurement of Man

As the presence of manpower in all the phases of livestock production processes is more or less obvious, and connected with the level of mechanization or automatization of the technologies applied, and the food as a final product performs a precious item, stall spaces qualities must meet the criteria of contemporary working environments. It is the way to establish an equilibrium between the three factors of all kinds of production activities: final product and its values in the market, the manpower engaged under certain conditions and the working environment adapted to the needs of technologies expected and the capabilities of the staff.

When defining the productive and other farm building dimensions, static antropometrical data performs data base for further estimation and control of designed space used according to the physical, perceptive and intellectual capabilities of manpower, when carrying out different

activities on different levels of complexity. Working conditions vary depending on the species and category of domestic animals, labour organization and other specific issues of livestock farming. In some specific cases, livestock buildings perform uncomfortable, even dangerous working environment, the characteristics of which can not be changed without affecting production. The measures such as limiting the time spent within the working environment or applying specific equipment need to be undertaken.

When designing livestock buildings with standard technologies, besides anthropometric needs, other criteria connected with safety of those employed on purpose of avoiding injuries, occurrence of occupational diseases and other phenomenon. For that purpose efforts are being made for proper selection of constructing materials, appropriate constructing technology application, safe and protective systems of installations, equipment etc.

In future food needs may be expected, causing a higher level of quality and intensity in food production. On the other hand, livestock farming, like other agricultural branches existing in our country, belongs to the group of low accumulative activities which effects on the economy are limited; any intervention in the field of livestock building with the purpose of ensuring healthy and safe working spaces are not expected to overcome economically possibilities of this productive branch.

7 References

[1] KELER, G.(1978): Ergonomija za dizajnere,Ergonomija, Beograd, p. 9-10

[2] PANERO,J.,ZELNIK,M.(1987): Antropološke mere i enterijer,Građevinska knjiga, Beograd, p.17

[3] NOJFERT,E.(1986): Arhitektonsko projektovanje, Građevinska knjiga, Beograd, p.37

[4] SÝKORA,J, DOSTALOVA,A.(1984): Zemědělske stavbý, ČVUT, Praha, p.17

[5] SHUBIN,L.(1986): Promislenie zdania, Stroiizdat, Moskva, p. 80-81

[6] DIN 18910

[7] ZAKON O ZA{TITI NA RADU SRJ (1993), Službeni glasnik SRJ 15/93., Beograd

[8] PRAVILNIK O ZA{TITI NA RADU U POLJOPRIVREDI (1968), Službeni list SFRJ 34/68., Beograd

Die Haltungsarbeiten bei Kühen in kalten Laufställen

KASK, HEINO

Estnische Landwirtschaftsuniversität, Abteilung der Tierhaltungstechnologie, Kreutzwaldstrasse 1, Tartu EE 2400, Estland

Einleitung

Weil das Bauen von Kuhställen in Estland zur Zeit sehr teuer ist, werden verschiedene Möglichkeiten zum Bau von einfachen und billigen Ställen gesucht. Solch eine Möglichkeit ist das Bauen kalter Laufställe, hauptsächlich aus Holz. Holz ist in Estland ein beliebter Baustoff,da die meisten Bauernhöfe über einen eigenen Wald verfügen.

Material und Methoden

Dieser Vortrag gründet sich auf Daten, die auf einem Bauernhof im Kreis Tartu in den Jahren 1995-1996 gesammelt wurden. Ursprünglich gab es auf diesem Hof einen traditionellen Anbindestall mit Eimermelkanlage, in dem die Haltungsarbeiten Entmistung, Futterverteilung und Einstreuen manuell durchgeführt wurden. Im Stall standen neun Milchkühe. Im Jahre 1995 wurde auf diesem Hof ein kalter Laufstall für 40 Kühe errichtet.

Die Wändefachwerke wurden aus Rundholz und der Dachstuhl aus Sägeholz gefestigt. Die Wände wurden mit ungekanteten Brettern, das Dach mit Dachplatten und der Fußboden mit einer gestampften Lehmschicht bedeckt. Der Boden des Freßplatzes und des Fütterungsgangs wurden betoniert. Der Fütterungsgang ist zu einer Seite geöffnet, um das Futter besser zu verteilen. Mit dem Stall unter einem Dach ist auch das Futter-und Einstreulager untergebracht. Nach dem Bau des Laufstalles verwendet man den alten Stall mit der Eimermelkanlage als Melkplatz, denn dieser Raum wird später umgebaut und mit neuem Melkstand ausgerüstet. Beide Ställe sind mit einem Gang miteinander verbunden.

Die Haltungsarbeiten und der entsprechende Zeitbedarf wurde in beiden Ställen erfaßt. Die Arbeitszeitmessungen sind in den Jahren 1995-1996 durchgeführt worden. Auf Grund dieser Forschungsangaben wurde der Arbeitszeitbedarf je Kuh ermittelt.

Ergebnisse

Da der alte Anbindestall bis heute noch nicht zum Melkstand umgebaut ist verwendet man auch jetzt noch die alte Melk- und Haltungstechnik. Im Vergleich mit dem alten Anbindestall liegt der hauptsächliche Unterschied darin, daß die Kühe aus dem neuen Stall in den alten Stall getrieben, dort angebunden und mit dem Eimermelkgerät bemolken werden. Während des Melkens wird den Kühen Kraftfutter und Heu zugeteilt, wobei Heu auch am Freßplatz des Laufstalles zugeteilt wird. Ein-bis zweimal am Tag wird dort auch Silage verteilt, im altem Stall wird keine Silage verfüttert - dies ist dort schwer durchführbar. Nach dem Melken werden die Kühe in den Laufstall getrieben.

Große Unterschiede gibt es bei Entmistungsarbeiten. Im Laufstall führt man die Entmistungsarbeiten zweimal im Jahr mit einem Traktorschiebeschild durch, eingestreut wird jeden zweiten Tag. Größere Probleme bestehen bei Entmistungsarbeiten im Verbindungsgang und auch im alten Anbindestall, dort muß jeden Tag Einstreu verteilt werden. Die Arbeitszeitaufwände für beide Ställe sind in Tabelle 1 angebracht.

Tab.1. Der Arbeitszeitaufwand bei Kuhhaltung in verschiedenen Ställen (in Minuten pro Kuh am Tag)

Operation, Zeitelement	Anbindestall	Laufstall
Kaftfütterverteilen	1,59	0,54
Rauhfütterverteilen	1,31	1,57
Siloverteilen	-	1,48
Reinigung von Liegeplätzen	0,54	0,13
Entmistung mit Schubkarren	3,21	-
Entmistung mit Schiebeschild	-	0,22
Einsteuarbeiten	0,54	0,80
Melken	7,44	8,24
Waschen der Melkanlage	1,76	2,58
Treiben, An-und Losbinden	-	1,61
Hilfszeit	0,47	0,24
Vorbereitungs- und Beendigungszeit1	1,38	0,54
Insgesamt	18,24	17,95

Die in Tabelle 1 gegebenen Angaben besagen, daß nur wenige Elemente des Arbeitszeitaufwandes fast gleich sind. Beim Zuteilen des Kraftfutters ist der Arbeitszeitaufwand mit 1,59 min je Kuh und Tag 3 mal größer als im Laufstall mit 0,54 min je Kuh und Tag. Dieser große Unterschied ist darin begründet, daß im Anbindestall 3 bis 4 mal täglich, im Laufstall aber zweimal pro Tag Kraftfutter zugeteilt wird. Dort wurde auch Silage 2x täglich gefüttert, und dadurch die Kraftfutterzuteilung entsprechend vermindert. In naher Zukunft wird im Laufstall das Kraftfutter automatisch mit einem Respondergerät zugeteilt.

Die Rauhfütterverteilung zeigt fast keine Unterschiede zwischen den beiden Ställen . Dagegen gibt es nun im Laufstall eine neue Zeitaufwandart - Siloverteilen. Der Arbeitszeitaufwand bei Entmistungsarbeiten im Anbindestall beträgt insgesamt 3,75, im Laufstall 0,35 Minuten pro Kuh am Tag, was etwas mehr als 10 Mal weniger im Vergleich mit dem Anbindestall ist. Das Einstreuen dauert im Laufstall 0,26 Minuten länger als im Anbindestall, weil im Laufstall mehr Einstreu verwendet werden muß, da sonst die Kühe immer schmutzig sind. Beim Melken und Waschen der Melkanlage ist der Arbeitszeitaufwand beinahe gleich. Der kleine Unterschied ist damit bedingt, daß im Laufstall während der Forschungsarbeit weniger zu melkende Kühe standen als im Anbindestall.

Im Zusammenhang mit obengenannten Angaben muß gesagt werden, daß die Arbeitszeitaufwände in Tabelle 1 beinahe gleich sind. Es war zu erwarten, daß im Laufstall der Gesamtarbeitszeitaufwand etwas geringer ist, aber in diesem Fall sind die Arbeitszeitaufwände fast dieselben. Die Hauptursache liegt darin, daß der Melkstand noch nicht montiert ist. Beim Melken im Melkstand besteht eine wichtige Reserve zur Mechanisierung der Haltungsarbeiten.

In kalten Laufställen gibt es Probleme mit den Tränken der Kühe, weil sich der Freßplatz meistens draußen befindet, d.h. von einer Seite ganz offen ist. In diesem Laufstall verwendet man die Automattränken "Lakcho" der französischen Firma "Antigel Elektrique", die über eine Erwärmung verfügen. Diese Tränken sind verwendbar bei Außentemperatur bis -14°C. Für 15...20 Kühe ist eine Tränke vorgesehen. Im Winter 1996 gab es in Estland bis -35°C Frost, daher froren die Automattränker ein. In Zukunft muß man damit rechnen, daß die Tränken frostsicherer sein müssen.

Zusammenfassung

Der wichtigste Teil bei Kuhhaltung ist das Melken, weil es vom Gesamtarbeitszeitaufwand bis 50% ausmacht. Beim Melken im Melkstand beträgt der Arbeitszeitaufwand abhängig von Melkstandtypen, 2...4 Minuten je Kuh und Tag. Eine Zeitersparnis ist so in Grenzen von 4..6 Minuten möglich. Wenn der Melkstand gebaut ist, gibt es keine Notwendigkeit für manuelle Entmistungsarbeiten, denn der Kot im Melkstand wird mit Wasser entfernt.

Es ist möglich, in Laufsällen die Haltungsarbeiten mit Verwendung eines Respondersystems zur Kraftfutterzuteilung zu vermindern. Damit können 0,54 Minuten Arbeitzeit je Tag eingespart werden.

Alle obengenannten Maßnahmen ermöglichen es, den Arbeitszeitaufwand im Laufstall um 5...7 Minuten zu vermindern und den durchschnittlichen Aufwand in Grenzen von 11...13 Minute je Kuh und Tag zu halten. Ein Resultat ist auch vergleichbar mit den in der deutschen Literatur (1993) gegebenen Angaben.

Literatur

Datensammlung für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft (1993), 13. Auflage. Darmstadt-Kranichstein, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft.

Axisymmetric Round Nozzles

PETROVIC V. DRAGAN, TOSIC MILAN, RADIVOJEVIC DUSAN

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, p.o. box 127, 11081 Belgrade-Zemun, Yugoslavia

1 Introduction

Control of air velocity-field in livestock houses is very important. It enables maintaining of current micro climate conditions in suitable limits, i.e. close enough to corresponding optimal values, and provides dry floor conditions, adequate number of air changes, absence of draughts etc. These facts have to be seriously analysed during designing, mounting and testing the ventilation systems, their components and whole object in general, that are going to be applied in livestock farming. Situation is especially sensitive in large, densely stocked objects, where inadequate indoor conditions can produce unsatisfactory stock growth, disease, tail-biting, bad hygiene etc.

Various instruments can be used for air velocity, temperature and humidity measurement. The mean velocity measurement can be performed by classical tube-probes in combination with liquid manometers or turbine anemometers. Nowadays, the hot-wire and laser-Doppler anemometer are frequently used also. They enable measurement of high-frequency fluctuations of air velocity (hot-wire anemometers up to 1 MHz). In livestock farming objects, of course, so high frequencies (that characterise only supersonic flows) are not of interest. Still, frequencies of more than 20kHz are evidenced in some cases, especially at higher air velocities.

Unfortunately, many instruments from the both groups are not absolute and must be calibrated in the uniform velocity field before measurement. This can be achieved by simultaneously measuring the uniform air velocity (by non-absolute instrument that is calibrated) together with some absolute instrument such as Pitot's dynamic probe in combination with Forsaith's or Betz's liquid micro manometer. Suitably designed axisymmetric confusors, i. e. round nozzles, represent one possibility to generate uniform fluid flow field. Their function is based on the effect of decreasing the fluid flow cross-section area. This results in increasing the uniformity of the velocity field and decreasing the turbulence level (i.e. longitudinal fluctuations of fluid velocity) at the exit cross-section, usually called nozzle mouths. In order to achieve optimal flow parameters, it is necessary to design confusor with suitable profile. Although the round axisymmetric nozzles are used frequently, especially in fluid dynamics and similar engineering disciplines, corresponding revial technical informations about their design are relatively rare.

In this paper are presented some nozzle profiles, that are used in fluid mechanics laboratories in Yugoslavia: "VITOSINSKI", "SMITH & WANG", "BATCHELOR & SHAW" and "CUBIC". It is the fact that many other round nozzle types also exists: "ASME low **b**" and "ASME high **b**", for example, etc. Although the last two nozzle types are frequently used in western countries and especially in USA, there is no evidence of their practical application by researches in Yugoslavia. Furthermore, existing results clearly shows superiority of presented profiles in comparation with profiles of ASME. Also, they completely cover the investigation needs in this aerie. So, we decided to exclude additional nozzle profiles (like ASME) from this presentation.

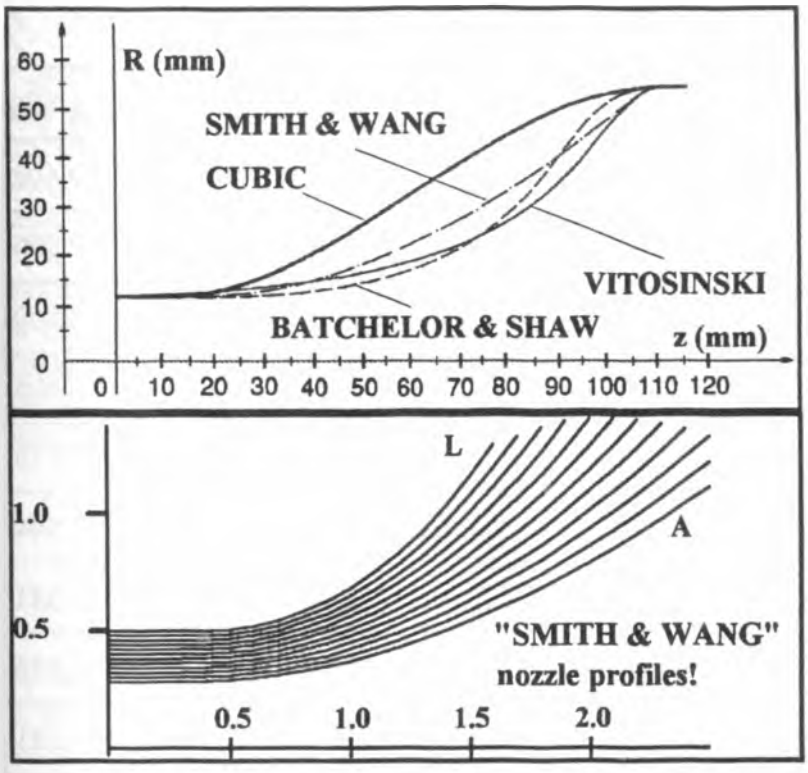


Fig. 1: Side-view of typical nozzle profiles (up) and confusors of *"Smith & Wang" 1944.* (down).

2 "SMITH & WANG" profiles

These two authors analysed the flow of nonviscous incompressible fluid, enclosed within a fixed boundary surface. They found the geometric form of contracting cones having uniform flow speeds at throat, on the base of exact analogy between the magnetic field that is created by two coaxial and parallel coils carrying electrical current and the velocity field that is created by two corresponding ring vortices. The high uniformity of the magnetic field over a core area when the coils are suitably arranged is well known. A corresponding uniformity of the velocity field over the same core is obtained by *Smith & Wang 1944.*, by simply translating the electromagnetic solution into an aerodynamic one and by choosing one of the stream surfaces as a flow boundary. They developed a wide family of contracting cones. The inner eight profiles ***A*** - ***H*** (see figure 1-down and table 1) give throat velocity distributions, theoretically uniform within 0.2%. The variations of uniformity are still less than 1% for the outermost one.

Although the wide variety of *Smith & Wang 1994.* profiles with excellent properties exist, they are used (in Yugoslavia) only in Laboratory for turbulence flows investigation on the Faculty of mechanical engineering in Podgorica. This profile is transferred from the University of Maryland (USA), where it is used for special vorticity probes calibration and testing: modified Kovasznay four hot-wires anemometer probe (*Vukoslavcevic & Wallace 1981.*) and corresponding new nine-sensor probe for simultaneous fluid velocity and vorticity measurement (*Vukoslavcevic, Wallace & Ballint 1991.*). The "SMITH & WANG" profile is mentioned for the first time in Yugoslavia by *Vukoslavcevic 1981.* Ten years later, he designed the suitable wind tunnel with two nozzles of this type. Their exit diameters are equal 130mm and 40mm. The bigger is regularly used in corresponding investigations: *Petrovic & Vukoslavcevic 1994.*, and *1995.*[(1),(2)], *Vukoslavcevic 1994.*, *Vukoslavcevic & Petrovic 1994.*, and *1996.* etc. The smaller has not been officially used jet. It is intended for future investigations of free jets.

Tab. 1: Co-ordinates of stream cone sections, according to *Smith & Wang 1944.*

Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
0.0 - 0.2	0.280	0.300	0.320	0.340	0.360	0.380	0.400	0.420	0.440	0.460	0.480	0.500
0.3	0.282	0.302	0.322	0.342	0.362	0.382	0.402	0.422	0.440	0.460	0.480	0.500
0.4	0.284	0.304	0.324	0.344	0.364	0.384	0.404	0.424	0.442	0.461	0.480	0.500
0.5	0.289	0.309	0.329	0.349	0.369	0.389	0.409	0.429	0.447	0.466	0.485	0.506
0.6	0.298	0.318	0.338	0.358	0.378	0.398	0.418	0.439	0.459	0.479	0.499	0.519
0.7	0.310	0.330	0.352	0.372	0.393	0.415	0.436	0.458	0.479	0.501	0.522	0.544
0.8	0.326	0.349	0.370	0.393	0.417	0.439	0.463	0.487	0.511	0.534	0.556	0.581
0.9	0.345	0.368	0.391	0.419	0.445	0.469	0.496	0.519	0.547	0.571	0.598	0.626
1.0	0.369	0.396	0.422	0.450	0.478	0.505	0.531	0.561	0.590	0.619	0.650	0.681
1.1	0.397	0.426	0.455	0.484	0.516	0.546	0.577	0.610	0.644	0.676	0.712	0.750
1.2	0.428	0.460	0.492	0.526	0.557	0.594	0.631	0.665	0.704	0.743	0.785	0.830
1.3	0.464	0.499	0.533	0.572	0.606	0.648	0.687	0.730	0.774	0.817	0.870	0.922
1.4	0.502	0.541	0.579	0.622	0.664	0.708	0.753	0.802	0.853	0.907	0.967	1.032
1.5	0.543	0.586	0.630	0.676	0.724	0.775	0.827	0.883	0.940	1.008	1.078	1.160
1.6	0.588	0.636	0.684	0.736	0.790	0.846	0.905	0.970	1.037	1.115	1.197	1.294
1.7	0.635	0.689	0.742	0.800	0.860	0.921	0.989	1.064	1.144	1.237	1.330	
1.8	0.685	0.744	0.804	0.866	0.935	1.005	1.082	1.168	1.265	1.370		
1.9	0.738	0.803	0.868	0.938	1.014	1.093	1.182	1.280	1.396			
2.0	0.793	0.865	0.936	1.016	1.100	1.190	1.290	1.405				
2.1	0.852	0.930	1.009	1.096	1.190	1.292	1.406					
2.2	0.915	0.997	1.084	1.180	1.286	1.401						
2.3	0.979	1.069	1.164	1.269	1.386							
2.4	1.046	1.144	1.246	1.364								
2.5	1.116	1.222	1.331									

3 "VITOSINSKI" profile

Profile, proposed by Vitosinski (*Povh, 1959.*), represent probably the oldest solution for round nozzles design in our country. The researches of the Faculty of mechanical engineering in Belgrade ordinarily calibrate their probes for fluid velocity measurement in the existing open wind tunnel, with round nozzle profiled according to Vitosinski (D_{exit}~125mm and contraction ratio 1:10). Typical illustration of its application can be found (among many others) in the works of *Benisek 1970.* and *Nedeljkovic 1993.* The other example of application of this nozzle is the investigation of premixed flame by laser-Doppler anemometer in the Institute Vinca (Belgrade): as laser need not to be calibrated, *Matovic 1988.* used small "VITOSINSKI" profiled nozzle only as some kind of burner that generates uniform velocity field of gas-air mixture in the exit section. According to *Povh, 1959.*, Vitosinski proposed:

$$R(z) = R_I \Big/ \sqrt{1-\left[1-\left(\frac{R_I}{R_E}\right)^2\right]\cdot\left(1-\frac{z^2}{L^2}\right)\Big/\left(1+\frac{z^2}{3\cdot L^2}\right)} \qquad (1)$$

as the optimal relation **R(z)** between the current radius **R** from nozzle longitudinal co-ordinate **z**. Also, **L** denotes nozzle length and R_I, R_E corresponding nozzle entrance and exit radius. In accordance to (1), $R(L) = R_I$ and $R(0) = R_E$. The author recommended contraction ratio in the range from 1:2.5 to 1:10. Still, some researches (as *Matovic 1988.*) use ratio 1:20.

4 "CUBIC" and "BATCHELOR & SHAW" profiles

The *Hussain & Ramjee 1976.* tested 4 nozzles: "BATCHELOR & SHAW", "CUBIC", "ASME High **b**", "ASME low **b**". We present corresponding equations of the first two.

"BATCHELOR & SHAW" profile has the empirical origin :

$$\frac{1}{A(z)^2} = \frac{1}{A_I^2} + \left(\frac{1}{A_E^2} - \frac{1}{A_I^2}\right)\cdot\left[\frac{z}{L} - \frac{1}{2p}\cdot\sin\left(2p\frac{z}{L}\right)\right];\quad A(z) = p\cdot R(z)^2 \qquad (2)$$

where **A(z)** is cross-section area, at distance **z** from the nozzle entrance.

"CUBIC" nozzles are designed formally. Cubic polynom is adopted for the contour:

$$R(z) = a_0 + a_1\cdot z + a_2\cdot z^2 + a_3\cdot z^3;\quad a_0, a_1, a_2, a_3 = \text{const.} \qquad (3)$$

where a_0, a_1, a_2 and a_3 are evaluated from fixed end beam-deflection conditions:

$$z=0 \Rightarrow R(0)=R_I;\ (dR/dz)_{z=0}=0 \quad \underline{\text{and}} \quad z=L \Rightarrow R(L)=R_E;\ (dR/dz)_{z=L}=0 \qquad (4)$$

After this, equation (3) becomes:

$$R = \frac{1}{2}\cdot D_I - \frac{3}{2}\cdot(D_I - D_E)\cdot(z/L)^2 + (D_I - D_E)^2\cdot(z/L)^3 \qquad (5)$$

The nozzle length **L** is independent of D_I and D_E and can be chosen arbitrarily. In addition to original profile, cylindrical parts on its ends can be used also. *Hussain & Ramjee 1976.* used additional uniform upstream and downstream portions of lengths R_I and $R_E/2$, respectively.

5 Properties of "CUBIC" and "BATCHELOR & SHAW" nozzles

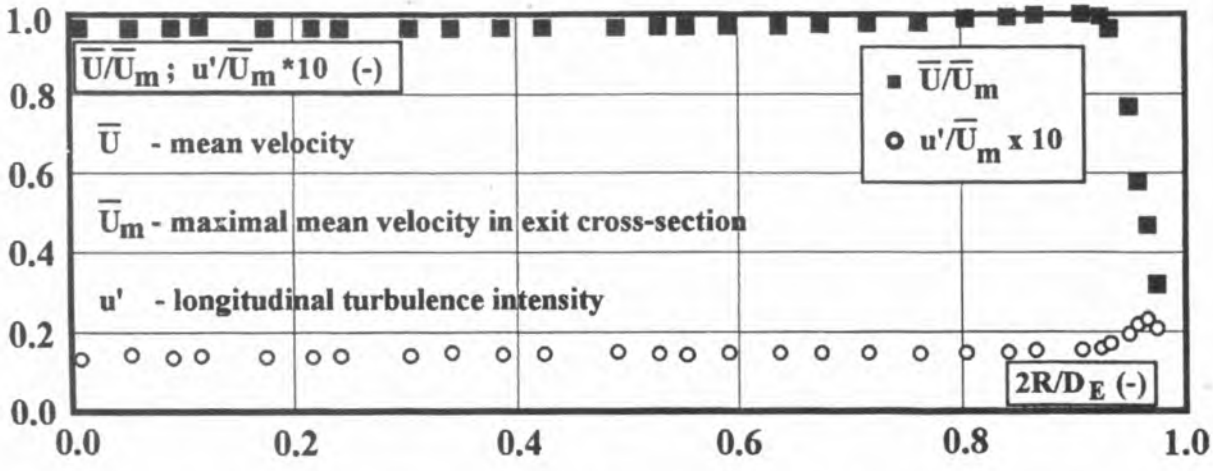


Fig. 2: Cubic nozzle exit conditions: mean velocity and longitudinal turbulence intensity.

Among four tested nozzles, *Hussain & Ramjee 1976.* found that cubic profile is the best: it has the smallest inlet curvature and thus the mildest inlet pressure gradient. It gives the smallest thickness of boundary layer, the lowest boundary layer turbulence intensities and the smallest turbulence layer thickness in the exit plane. They found the ASME profiles to be the worst.

On the other side, the same authors reported that all four nozzles have practically constant mean velocity and longitudinal turbulence intensity in the region of $\mathbf{r < 0.9 \cdot R_E}$ in the exit planes of contractions, and are independent of the contraction shape. Follows that all four profiles are equally adequate for fluid velocity measuring probes calibration. Furthermore, the "DISC" nozzle (round profiled) with small cylindrical attachment is tested. Results showed that it generates uniform core flow in the range $\mathbf{r < 0.6 \cdot R_E}$, fairly adequate for probes calibration.

Hussain & Ramjee 1976. also investigated influence of confusor type on the corresponding jet near-field characteristics such as mean velocities and turbulence intensities etc. They reported two characteristic and mutually different groups of nozzles. In the first, properties of jets induced by "CUBIC" and "BATCHELOR & SHAW" profile are very similar. The jets induced by "ASME low **b** and high **b**" profiled contractions are similar, but their properties are very different in comparation with jets induced by nozzles from the first group.

According to our knowledge NASA (USA) laboratory for free turbulent jets investigation posses open wind tunnels with nozzles profiled according to "CUBIC" and "BATCHELOR & SHAW" profiles. Their exit diameters varies from ~25mm to ~175mm. The smallest is used for jet far-field investigation and larger for turbulence characteristics measurement and jet coherent structures analysing in the jet near-field.

In order to enable future jet and corresponding model-investigations of livestock houses, *Petrovic 1991.* designed 2 nozzles using this profiles. The contraction ratio of 1:20 and the exit diameter of $\mathbf{D_E}$ = 24mm are adopted. Both confusors are tested. Experiment is descripted by *Petrovic & Benisek 1992.* The resulting data are in general agreement with *Hussain & Ramjee 1976.* Both nozzles produce uniform mean flow field and turbulence intensities in the range of $\mathbf{r < 0.78 \cdot R_E}$. This region is closer in accordance to *Hussain & Ramjee 1976.*, because the last two nozzles are small, and produce relatively thicker boundary layer. As an illustration, figure 3 presents distribution of mean velocity and turbulence intensity at "CUBIC" nozzle mouths.

6 Turbulent free round jet flow measurements

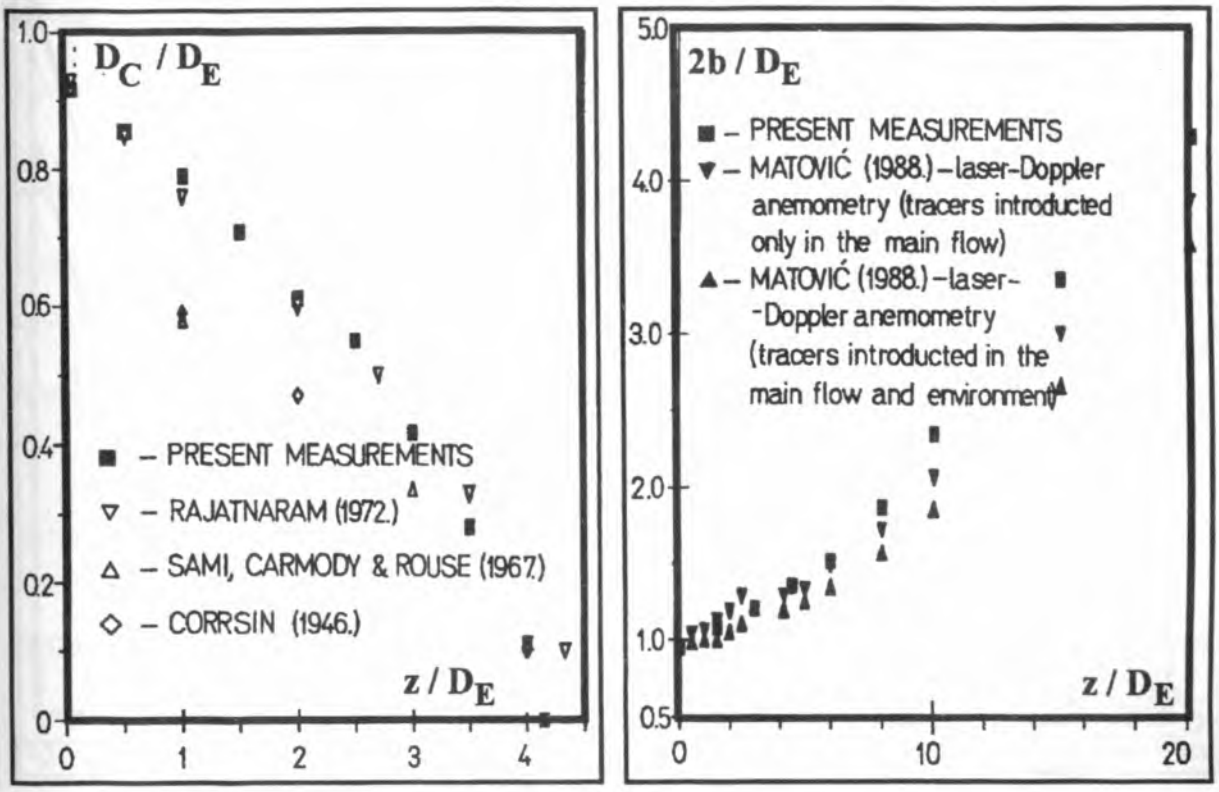


Fig. 3: Development of turbulent free jet: potential core (left) and mixing zone (right).

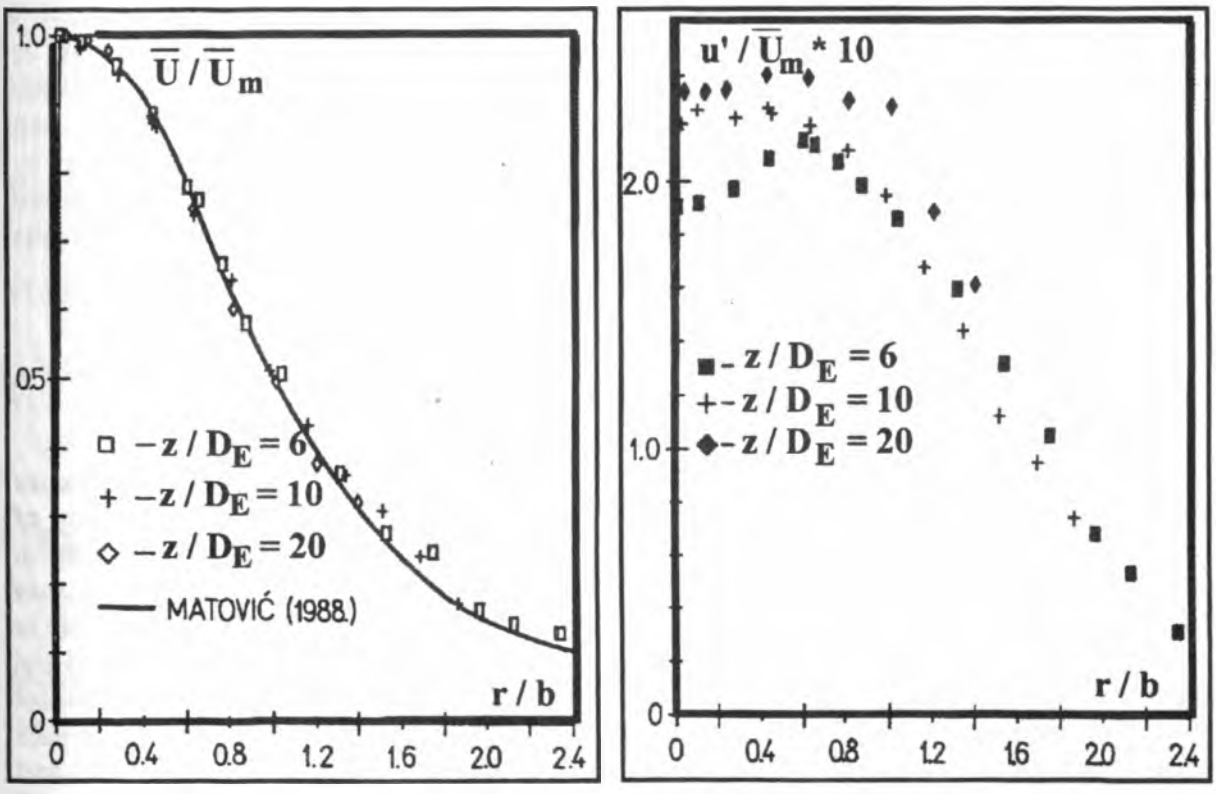


Fig. 4: Non-dimensional profiles of: mean velocity (left) and turbulence longitud. intensity (right).

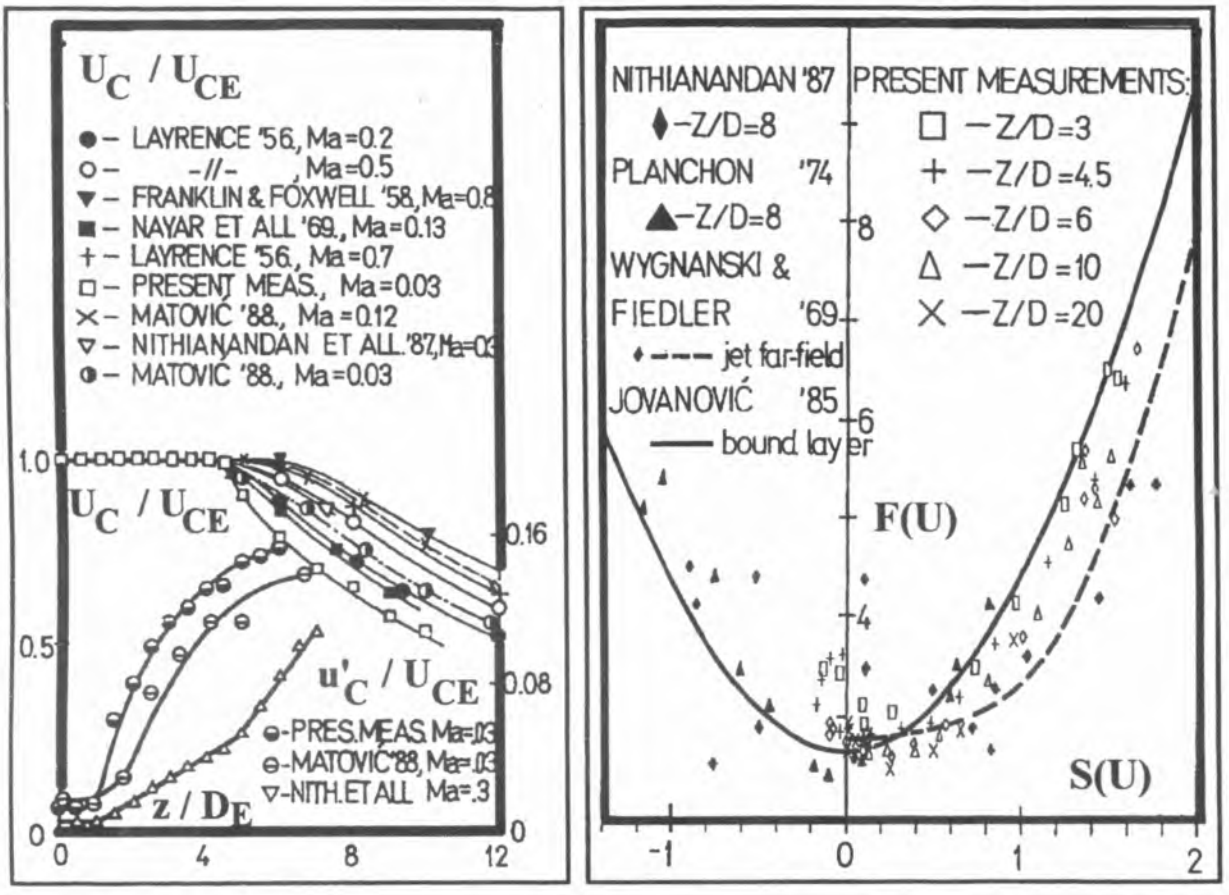


Fig. 5: Mean velocity and turbulence intensity at the jet axis (left). Relationship between skewness and flatness factor for longitudinal velocity component (right).

After successful checking of exit conditions (figure 2), "CUBIC" and "BATCHELOR & SHAW" nozzles are used for velocity near-field measurements of corresponding turbulent free round jets. Results were practically identical for both profiles, that is in agreement with *Hussain & Ramjee 1976.* Measured statistical parameters of the jet near-field, induced by "CUBIC" nozzle, are partially presented on figures 3 - 5 for longitudinal velocity. The situation is similar for transversal component also. All data are in general agreement with existing results of other experimentators: some evident differences are caused by various initial conditions.

7 Conclusions

This paper contains useful informations about four nozzle types. Presented profiles assumes that nozzle upstream flow is uniform and downstream flow does not separate. Uniformity of the oncoming flow is often difficult to achieve in practice. Fortunately, any nonuniformity in the upstream flow is greatly reduced by the contraction and is minimum at the throat (*Hussain & Ramjee 1976.*). According to *Smith & Wang 1944.*, separation of real flows is impossible in the contracting cone and at the exit section, because of the falling pressure gradient and the natural stream form of the surface. Follows that, in practical real-flow applications, the uniform throat velocity profile can be achieved. This paper also presents the results of jet near-field investigation: (in agreement to *Hussain & Ramjee 1976.*) it is evidenced that "CUBIC" and "BATCHELOR & SHAW" nozzle generates similar velocity fields in this region.

8 References

BENISEK, M., (1970): Graduate work, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.

HUSSAIN, A. K. M. F. & RAMJEE V. (1976): Effects of the Axisymmetric Contraction Shape on Incompressible Turbulent Flow. Transactions of the ASME 3, p. 58.

MATOVIC, M. (1988): M. Sc. Thesis, Faculty of the Mechanical Engineering, Belgrade.

NEDELJKOVIC, M., (1993): Ph. D. thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.

PETROVIC, D., (1991): M. Sc. Thesis. faculty of mechanical Engineering, Belgrade.

PETROVIC, D. & BENISEK, M. (1992): Turbulence structure in the Isothermal Axisym. Free Jet Near Field. Monograph of the International Symp. 'Spatio-Temporal Structure and Chaos in Heat and Mass Transfer Processes'. p. 52, ICHMT, Athena.

PETROVIC, D. & VUKOSLAVCEVIC, P. (1994): Development of Procedure Intended for Fluid Velocity Field Measurem. by 4 Hot-Wires Anem. Probe. Agrotechnic 5-6, p. 31.

PETROVIC, D. & VUKOSLAVCEVIC, P. (1995): Exp. Test of 4 Hot-Wire Anemometer Probes Applic. for Uncompres. Fluid Turb. Velocity Field Measurement HVAC 2, p. 43.

PETROVIC, D. & VUKOSLAVCEVIC, P. (1995): Interpretation of the Signals of Two Hot-Wire Anemometer Probes. Agrotechnic 5-6, p. 22.

POVH, L. I. (1959): Aerodynamic Experiment in Mechanical Engineering. Masgiz, Leningrad.

VUKOSLAVCEVIC, P. (1981): Ph. D. Thesis. Podgorica, Yugoslavia.

VUKOSLAVCEVIC, P. (1994): Four Sensor Probe. Proceedings of the 18. Yugoslav Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Vrnjacka Banja, Yugoslavia.

VUKOSLAVCEVIC, P. & PETROVIC, D. (1994): Generalised Cooling Law of Small Multisensor Anem. Hot-Wire Probes. Proc. of The 25. YU Congr. of HVAC, p. 299, Belgrade.

VUKOSLAVCEVIC, P. & PETROVIC, D. (1996): Eight Hot-Wires Anemometer probe. Proc. of The 2. Intern. Symp. 'Contemp. Problems of Fluid Mechanics', p. U1/88, Belgrade.

VUKOSLAVCEVIC, P. & WALLACE, J. M. & BALINT J. -L. (1981): Influence of Velocity gradients on measurements of Velocity and Streamwise Vorticity with Hot-Wire X-Array Probes. Rev. Sci. Instrum. 52(6), p. 869.

VUKOSLAVCEVIC, P., WALLACE, J. M. & BALINT J. -L. (1991): The Velocity and Vorticity Vector Fields of a Turbulent Boundary Layer. J. Fluid Mechanics. Part 1. Simultaneous Measurement by Hot-Wire Anemometry, vol. 228, p. 25.

SMITH, R. & WANG C-T. (1944): Contracting Cones Giving Uniform Throat Speeds. J. of Aeronautical Sci. 10, p. 356.

*This work is supported by Ministry of Science and Technology of Serbia: project **08M01**.*

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS DOSIERAGGREGAT EINES KRAFTFUTTERAUTOMATEN

Radev, Dimitar[1]; Naydenov, Wolodia[1]; Dimov, Dimo[1]

[1] Angel-Kantschevs-Universität, Russe, Bulgarien

1. Einleitung

Zur Erhöhung der Milchleistung und zur Senkung des Futteraufwands werden gegenwärtig in der Milchviehhaltung Dosierfehler der individuellen Kraftfutterzuteilung kleiner 5% gefordert. Um dies zu erreichen, müssen die Parameter des Dosieraggregats und die Stoffparameter als Einflußgrößen analysiert werden.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand ein an der Universität Russe konstruierter computergesteuerter Kraftfutterautomat mit einem Schneckendosieraggregat. Entscheidender als die Dosiergenauigkeit ist die Frage des Einflusses der Antriebsparameter, weil der Auswurfverlauf des Automaten sehr klein ist.

2. Beschreibung der Dosiergenauigkeit

Abweichungen des Dosierergebnisses vom Sollwert werden als Dosierfehler bezeichnet. Der absolute Dosierfehler setzt sich aus dem systematischen Fehler (Dosiergenauigkeit) und dem zufälligen Fehler (Dosiergleichmäßigkeit) zusammen [2,8]. Es wird nachgewiesen, daß der Dosierfehler eine Funktion des Massenflusses m ist [6]. Laut [1] ist der Massenfluß abhängig von der Fördergutdichte ρ, der effektiven Querschnittsfläche A_e und der Fördergeschwindigkeit **v**:

$$m = \rho . A_e . v \qquad (1)$$

Die Fördergeschwindigkeit der Dosierschnecke nach [4] kann man mit ihren Konstruktionsparametern bestimmen:

$$v = \frac{H.n}{60} \cdot \cos\alpha \cdot (\cos\alpha - \mu_w \cdot \sin\alpha) \qquad (2)$$

mit **H** - Ganghöhe

n - Drehzahl

α - Steigungswinkel

μ_w- Reibwert Gut/Stahl

Mit den Gleichungen (1) und (2) wird die Drehzahl **n** und der Massenfluß **m** in einen Zusammenhang gebracht. Das Dosierergebnis bei der Kraftfutterzuteilung hängt von der Steuerung (Ein-und Ausschaltung) des Aggregatantriebs ab. Die Dosiergenauigkeit (Portionverlauf) konnte durch die Untersuchung der Antriebübergangsfunktion bedeutend verbessert werden.

3. Untersuchungsmethode

Die Untersuchung wurde mit einem Dosieraggregat (Abbildung 1) durchgeführt. Die Schneckenlänge beträgt $L = 4D_a$, um die Schüttdichte gering zu halten [9]. Der Antrieb wird mit Asynchronmotor mit einem Kegelrotor, durch den die Abschaltungszeit gemindert wird, realisiert. Das ist notwendig, weil bei den anderen Asynchronmotoren die Abschaltungszeit gleichwertig mit der Dosierzeit (bis zu einigen Drehzahlen) ist. Zu dem Futterautomat kann man einen Schüttdichteregler montieren. Dieser Regler muß zwei Funktionen erfüllen: die Dosiergenauigkeit, die nach [2] am stärksten von der Fördergutsabdichtung abhängt, zu verbessern und das notwendige Verhältnis zwischen die Gutaufnahme und Gutabgabe zu sichern [3].

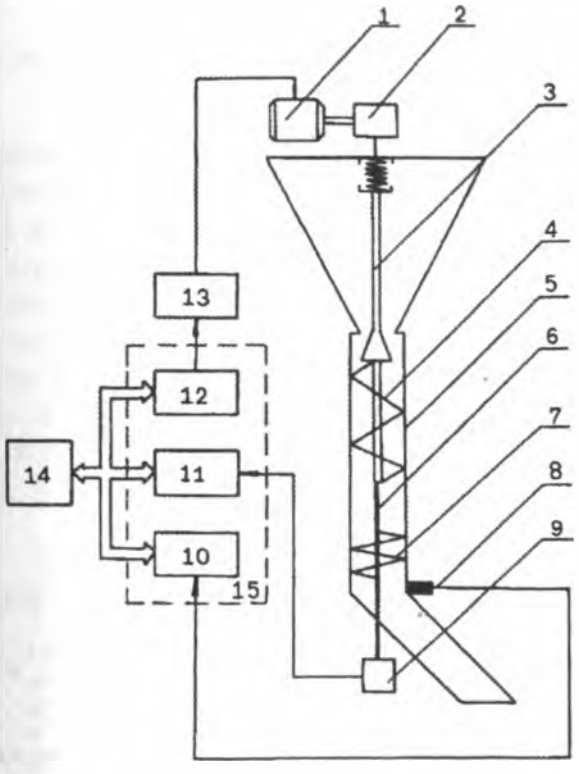


Abb. 1: Funktionsschema der Versuchsanlage: **1** Asynchronmotor mit Kegelrotor, **2** Getriebe, **3** Schüttdichteregler, **4** Förderschnecke, **5** Förderrohr, **6** Welle, **7** Dosier-schnecke, **8** Sensor, **9** Tachogenerator, **10** Peripherie-Interface-Adapter, **11** Analog-Digital-Wandler, **12** Programmierbarer Timer, **13** Motorsteuerung, **14** Personal Computer, **15** Interface-Modul(Schneckenaußendurchmesser D_a 0,086 **m**, Schneckenwellendurchmesser D_i 0,03 **m**, **m**, effektive Ausgangöffnung A_e 0,003 m^2, Ganghöhe **H** 0,032 **m**, Schneckenlänge **L** 0,344**m**)

Die Versuche wurden in der folgenden Reihenfolge durchgeführt: Der Vorratsbehälter wird mit zuvor untersuchtem Fördergut, für das die Reibwerte und die Schüttdichte bestimmt wurden, gefüllt. Die Steuerung wird von einem Personal Computer mit der Hilfe des Interface-Moduls realisiert. Das Futter wird vertikal in Richtung der Schneckenachse gefördert. Passiert es die Zone des Sensors am Auslauf, so wird ein Signal vom Personal Computer durch den programmirbaren Timer zu der Motorsteuerung gegeben. Der Asynchronmotor wird eingeschaltet und die Welle wird durch das Getriebe in Bewegung gesetzt. Der Schüttdichteregler sorgt für die konstante Schüttdichte des Gutes. Die Drehzahl der Dosierschnecke wird vom Tachogenerator verfolgt und durch den Analog-Digital-Wandler wird im Personal Computer aufgeschrieben. Nach-dem die Soll-Kraftfuttermenge abgearbeitet wird, schaltet der Personal Computer durch die Motorsteuerung den Asynchronmotor aus.

Damit die Übergangsfunktionen des Dosieraggregats analysiert werden können, ist eine Anwendungssoftware zu Steuern, Addition, Speichern, Bearbeitung und Visualisierung ausgearbeitet worden. Es ist notwendig, den Einfluß:

- der Betriebsparameter des Dosieraggregats (Wellendrehzahl, Motorleistung)
- der Fördergutparameter (Schüttdichte, Gutsart)
- der Konstruktionsparameter der Dosierschnecke (Ganghöhe)

zu untersuchen.

4. Ergebnisse

Die Untersuchungen erfolgten mit in der Republik Bulgarien gängigen Futtermitteln, deren physikalische Eigenschaften (Schüttdichte, mittlere Feuchte, mittlere Korngröße, Reibwerte) nach den in [5,7] beschriebenen Methoden bestimmt wurden. Die Ergebnisse faßt Tabelle 1 zusammen.

Tab. 1: Stoffeigenschaften der Futtervarianten

Futter-variante	Schüttdichte, **kg/m³**	mittlere Feuchte, **%**	mittlere Korngröße, **mm**	innerer Reibwert	Reibwert Gut/Stahl
Kraftfutter	583	10	1	0,72	0,29
Körnerfutter	632	12	3,5	0,61	0,30

Die Abbildung 2 zeigt die Übergangsfunktion in Abhängigkeit von der Drehzahl für ein Kraftfutter. Um die Parameter der Übergangsfunktionen vergleichen zu können, wurden alle Versuche mit einem konstanten Verlauf und mit einer Ganghöhe der Dosierschnecke $\mathbf{H}=0{,}5\ \mathbf{D_a}$ durchgeführt. Die unterschiedlichen Drehzahlen wurden mit Hilfe eines Variators erreicht. Das Fehlen eines Schüttdichtereglers und das Vorhandensein einer elastischen Verbindung zwischen der Welle und dem Tachogenerator verstärkt die Grafiken, ohne ihrer Charakter zu

verändern. Es ist ersichtlich, daß die Dosiergenauigkeit von der Ein-und Ausschaltzeit des Asynchronmotors abhängt. Deutlich erkennbar sind die relativ zum Mittelwert kleinen Amplituden, besonders die der kleinen Drehzahlen (Kurven 1 und 2). Die Strebenbelastung des Wellenantriebs wird verkleinert, aber die Dosiergenauigkeit wird auch kleiner, weil die Zeitkonstante der Übergangsfunktion vergrößert wird. Da der Dosiervorgang dynamisch verläuft, ist anstelle der Steuerung der Verlaufszeit eine Regelung der Wellendrehzahl notwendig.

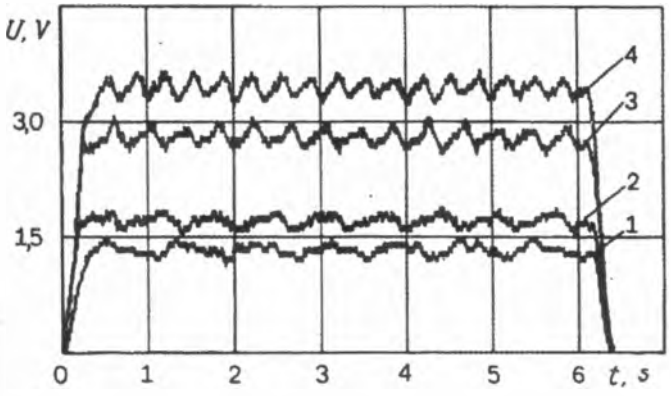


Abb. 2: Übergangsfunktion in Abhängigkeit von der Wellendrehzahl: **1** n=69 **min**$^{-1}$, **2** n= 87 **min**$^{-1}$, **3** n= 140 **min**$^{-1}$, **4** n=176 **min**$^{-1}$

In Abbildung 3 ist der Verlauf des Dosiervorganges bei einer Drehzahl **n**=140 **min**$^{-1}$ und Ganghöhe **H**=0,25 $\mathbf{D_a}$ dargestellt. Wenn das Dosieraggregat einen Leergang macht (ohne Schüttgut) sind die relativ zum Mittelwert größten Amplituden (Kurve 1). Mit der Verkleinerung der mittleren Korngröße werden diese Amplituden kleiner (Kurven 2 und 3). Das ist mit den kleineren Abweichungen des vertikalen Spanungssprunges an der Lagerstelle zu erklären. Die Lagerstrebenbelastung wird infolge der besseren Gutsabdichtung verkleinert. Die Art des Fördergutes beeinflußt die Zeitkonstante der Übergangsfunktion nicht.

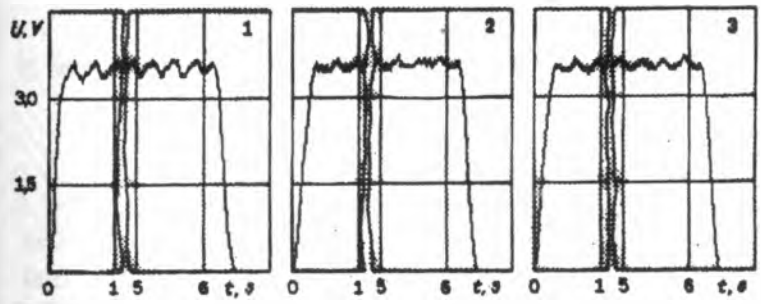


Abb. 3: Übergangsfunktion bei unterschiedlichem Schüttgut: **1** ohne Schüttgut, **2** Körnerfutter, **3** Kraftfutter

Das Verhältnis zwischen der Ganghöhe **H** und dem Schneckenaußendurchmesser $\mathbf{D_a}$ hat einen Einfluß auf die relative Amplitude der Übergangsfunktion (Abbildung 4). Die Übergangsfunktionen beim Dosieren des Kraftfutters mit einer Drehzahl **n**= 87 $\mathbf{min^{-1}}$ zeigen, daß das beste Verhältnis für die Kurve 2 ist. Das optimale Verhältnis wäre für einen Wert der Ganghöhe, der nah an dem Wert des Schneckenaußenradius ist.

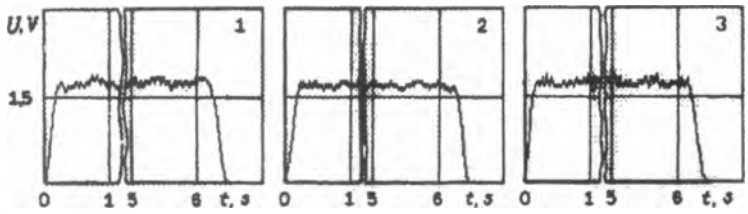


Abb. 4: Übergangsfunktion in Abhängigkeit von der Ganghöhe der Dosierschnecke: **1** $\mathbf{H}$= 0,25$\mathbf{D_a}$, **2** $\mathbf{H}$= 0,5 $\mathbf{D_a}$, **3** $\mathbf{H}$=$\mathbf{D_a}$

Das Einbauen eines Schüttdichtereglers führt nicht nur zur Erhöhung der Dosiergenauigkeit (entsprechend (1)), sondern auch zu einer Verkleinerung des Leistungsbedarfs des Dosieraggregats (Abbildung 5). Beim Dosieren des Kraftfutters mit einer Drehzahl **n**= 69 $\mathbf{min^{-1}}$ und Ganghöhe **H**= 0,375$\mathbf{D_a}$, verhindert das Vorhandensein eines solchen Reglers die großen relativen Amplituden der Übergangsfunktion.

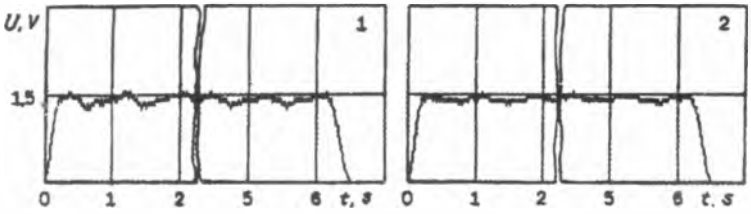


Abb. 5: Einfluß des Schüttdichtereglers auf die Übergangsfunktion: **1** ohne Schüttdichteregler, **2** mit Schüttdichteregler

In Abbildung 6 ist der Einfluß der Motorleistung auf die Übergangsfunktion dargestellt. Die Versuche wurden beim Dosieren von Körnenfutter mit einer Drehzahl **n**= 140 $\mathbf{min^{-1}}$ und Ganghöhe **H**= 0,5$\mathbf{D_a}$ durchgeführt. Die Motorleistung von 550 **W** ist gewählt worden, weil die notwendige minimale Antriebsleistung, berechnet nach den in [3] beschriebenen Methoden, 520 **W** beträgt. Falls bei den gleichen Bedingungen eine Motorleistung 250 **W** verwendet wird (Kurve 2), wird nicht nur die Stabilität der Übergangsfunktion, sondern auch ihre Zeitkonstante und ihr Verlauf verändert. Das beweist, daß der Dosierantrieb für die schwersten Betriebsbedingungen berechnet werden muß.

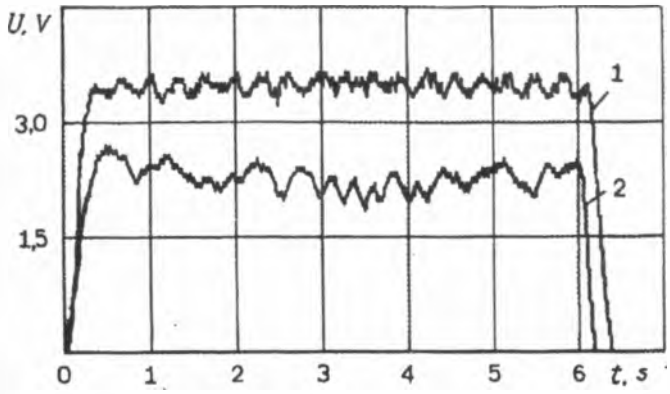


Abb. 6: Einfluß der Motorleistung auf die Übergangsfunktion: **1** größer als die nach [3] berechneten, **2** doppeltkleiner als die nach [3] berechneten

5. Schlußfolgerungen

Es wird nachgewiesen, daß die Dosiergenauigkeit von der Übergangsfunktion bei der Ein-und Ausschaltung der Dosierschnecke abhängt. Wenn die Verlaufsgenauigkeit der Dosierschnecke gesteuert wird, ist die Dosiergenauigkeit kleiner. Sie kann man durch eine Regelung der Umdrehungszahl verbessern.

Die Konstruktions- und Betriebsparameter der Dosierschnecke (Ganghöhe **H**, Außendurchmesser $\mathbf{D_a}$, Wellendrehzahl **n**) und die Schüttgutparameter beeinflussen die Qualität des Übergangsverlaufs. Deshalb ist eine Optimierung der Dosierschneckenparameter notwendig.

Die Regelung der Schüttdichte des Fördergutes führt zu einer Verbesserung der Qualität des Übergangsverlaufs und der Dosiergenauigkeit.

6. Literatur

1. Greinwald, K. (1994): Untersuchung der Förderung leicht fließender Schüttgüter im senkrechten Schneckenförderer unter Berücksichtigung der Zwischenlager. Dissertation TU München.

2. Fürll, C. (1990): Volumendosierer für die Futterverteilung von trockenen und feuchten Schuttgüttern, Agrartechnik, 12,:537-540.

3. Iwantschenko, F.(1988): Maschinen und Anlagen für den ununterbrochenen Transportmaschinen. Kiev, Wischa Schkola,(russ.).

4. Pajer, G; Kuhnt, H.; Kurth, F.(1983): Stetigförderer. Berlin: VEB Verlag Technik.

5. Radev, D.(1994): Internal Friction of Combined Fodder. Sofia, Journal of Food Industry, 9-10,:18-20, (bulg.).

6. Radev,D.(1994): Dynamics of the Auger Transporstion of Combined Forage. Sofia, Scientific Works from NIMMESS. Series 2: Mechanisation of the Processes in Animal Husbandry. 4, 69-76. (bulg.).

7. Roberts, A.; Ooms, M.; Scott, O.(1986): Influence of vibrations on the strength and boundary friction characteristics of bulk solids handling. Bulk Solids Handling Vol. 6 No. 1, S.161-169.

8. Stumpenhen, J.(1990): Verfahrens-und fütterungstechnische Untersuchungen zur Konzeption und Entwicklung eines computergestützten Herdenmenagementsystems für Milchkühe im Anbindestall und dessen ökonomische Bewertung. Dissertation Universität Kiel.

9. Zhijun Zhong, O'Callaghan, J.(1992): A Theoretical Analysis of the Extrusion Pressure in a Tapered Screw Conveyor. Journal of Agricultural Engineering Research, 52:249-271.

Analysis of modern technologies for dairy - cow breeding in Republic of Bulgaria

D. Radev, B. Borissov, A.Stoykova

University of Rousse "Angel Kantchev", Rousse, RBulgaria

1. Introduction

Dairy - cow breeding in Republic of Bulgaria is mainly connected with milk production. The economic changes that were made and the agricultural reform in 1992 led to a sharp re - structuring of the dairy - cow breeding. According to the data announced by the Ministry of Agriculture in Bulgaria 90% of the dairy - cows are bred in family farms and they give 98% of the milk yield [7]. The herds of cows which years ago comprised 100 - 200 cows in the big co - operative and state farms, now are significantly reduced and rarely amount to 10 cows. Hence, the development of new scientifical methods for an effective rise of the milk yield is the major problem for the Bulgarian cow breeding.

2. Analysis of the conditions in the dairy - cow breeding farms.

2.1 Herd size and milk yield.

The relative part of the dairy - cow breeding in Bulgaria is significant - cow milk yield is above 80% of the whole milk production [1]. As a result from the destroying the connections between financing, supplying, buying - up, producing and marketing of the milk, the number of cows has been recently reduced by 40% - from 617 000 in 1990 to 363 000 in 1995 [8]. This situation reminds of the critical fall of the cows number after the Second World's War. It is known that the pre - war level (in 1940) of 540 000 cows was hardly achieved by the end of 1960. The very slow rate of starting up the market economy and the unsolved problems concerning the ownership of the farm land are decisive factors for the total reduction of the farm animals (Table 1).

It is evident that efforts should be made for stopping the tendency of the process, for keeping and restoring the breeds and the number of the cows. Despite the worrying trends, however, it should be noted that the relative share of the dairy - cow breeding is the smallest in the entire fall that resulted after the re - structuring of the national economy with regard to 1990. The data shows that the process of transforming the big, ineffective state farms (most often comprising 100 - 200 cows) into co - operative and family farms can be assumed as being actually concluded (fig. 1).

Tab.1 Number of farm animals (thousand cattle heads)

animals	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996*	90/96
cows	617	609	575	489	419	363	371	0.6
hogs	4 332	4 187	3 141	2 680	2 071	2 340	2 140	0.49
sheep	8 130	7 938	6 703	4 814	3 763	3 355	3 383	0.42
poultry	36 338	27998	21 707	19 872	18 211	21 060	18 609	0.51

*This data refers to the situation by June

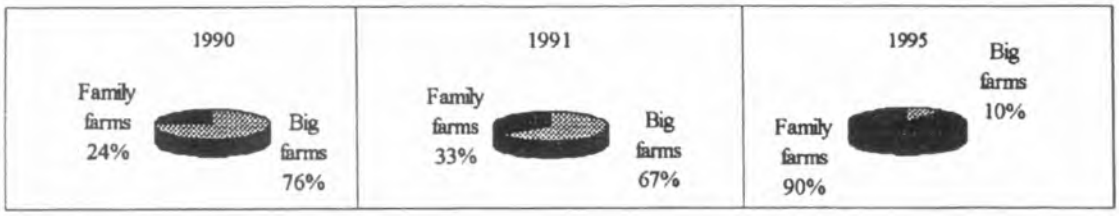
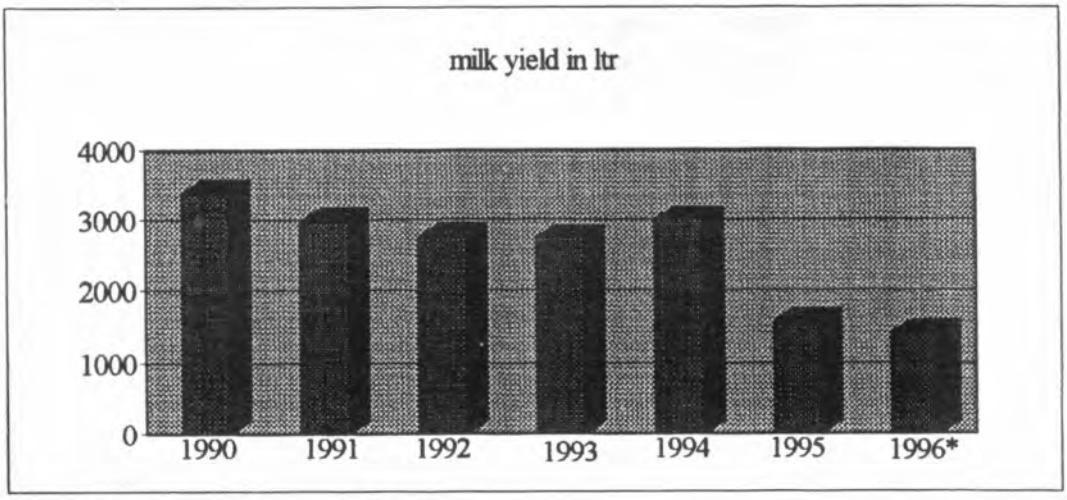


Fig.1 Dynamics of ownership changes (number cows)

To find ways and means for increasing the number of cows in the herd as well as to rise their productivity appear to be the major task for our farmers. The herd sizes vary to a great extent. In family farms of private farmers the herds consist of 5...10 cows, in co - operative farms - 15... 30 cows, while in some state farms the number is over 100 cows.

If assumed that for meeting the national needs it is necessary to produce 220 kg of milk per capita annually, I. e. aprx. 2 000 000 t, then for the achievement of moderate productivity - 4500...5000 kg, there should be about 500 000 cows. It is known [3] that the average milk productivity in our country is among the lowest records in Europe, even when the most favourable period of the large - scale farms is concerned (abt. 3600 kg in the end of 80s). During that time 0.4 kg of concentrated fodder has been consumed for producing 1 kg of milk yield, while the labour expenditure has been 5...6 times higher than that of the EU countries. The main reason for the over - expenditure of concentrated fodder is the impossibility of the big farms to produce satisfactory amounts of coarse and concentrated fodders and not long ago it was not focused properly by the authorities. This affects not only feeding, but also leads to problems concerning the physiological state of the cows. Hence, it is necessary to organise new effective production units (family farms) which will apply scientific methods and the European countries' experience. It is the only way to solve the classic problem of the market economy i.e. enlarging the market by lowering milk price. As the data shows during the recent years the average annual milk yield has been sharply reduced because of the agricultural reform (fig. 2). It should be underlined that till 1994 the values noted refer to the total amount of milk produced in our country (for EU countries the values refer to the bought up milk); regarding the last two years the milk used by the private farmers for their own needs is not included in the diagram.



*The data refers to the situation by June

Fig.2 Average annual milk yield

The main reason of this unfavourable trend is the shortage of land and machinery needed for the production of the fodders on the family farms. The average size of the private farm land of Bulgarian families is apprx. 8...10 ha and due to a number of legislative imperfections at the moment, the private farmers have at their disposal only a part of the above mentioned size of land (the upper limit being several ha). It has been established that when breeding cow herds comprising 20...30 cows, each dairy - cow needs 0.41 - 0.55 ha of fodder area on average for feeding. If we suppose that during the next few years the Bulgarian government will assist the farmers scientifically, financially and if it provides a successful management with regard to the dairy - cow breeding, then we may expect most of the farms to have 15...30 cows by 2000, and their organisation structure will be based on individual, family, joint - stock, or co - operative principes [6].

We have investigated that the factors which predetermine efficiency of a family cow farm can be grouped as follows:
- The cows should be of a suitable breed and with proper genetic potentials.
- The cows should be supplied with fodder in a satisfactory amount and quality and feeding portions are to be nourishing. The best variant is when the fodder is produced by the farmers themselves. The effect of utilisation of coarse fodders as waste products of grain production should not be ignored.
-Successful management and proper economic qualification of the farmers that will allow them to adapt to the concrete economic conditions.
- Suitable conditions for maximum development of the genetic potentials of the cows and achievement of production by minimum expenditures.

2.2 Technologies of feeding

Feeding is a main factor for the development of the genetic potentials of a breed, also for the cows physical state and for achieving high quality yield [5]. The essential problem is the incorrect estimation of the energy needs of a cow. It is due to the shortage of a fodder component, insufficient technical facilities for determining the feed portions or lack of knowledge about the basic requirements of building up the energy balance. Hence, the fodder costs in our country often exceed 75% of the total expenditures connected with dairy - cow

breeding (for EU countries this feature is 40% -50%). In order to increase the efficiency of a family farm the following points should be solved:
- implementation of own equipment for gathering, manufacture and stowing of coarse and concentrated fodders.
- technical facilities for effective mixing, dozing and giving out of fodder portions.
- qualification of the farmers regarding the methods and requirements for making up breeding recipes.

The annual needs of fodder per a cow are different depending on the milk yield level. It is found out that [2] for the most widely spread breed in Republic of Bulgaria, which have average annual milk yield of 4500 kg, the necessary amount of fodder and relevant areas are as listed below:
1. Winter period (200 days)
- Meadow hay - 1200 kg = 0.13 ha
- Alfalfa hay - 400 kg = 0.07 ha
- Beets - 4000 kg = 0.05 ha
- Maize silage - 2600 kg = 0.10 ha.
2. Summer period (165 days)
- Green mass - cereals - 5780 kg = 0.13 ha
- Green mass - legumes - 2600 kg = 0.07 ha.

In total, for the basic portions are needed 0.55 ha. On the other hand, in order to produce 990 kg of grain as required for the supplemental portions, over 0.17 ha are needed at an average yield of 60 kg/ha. Therefore, the total area for fodder production, needed for breeding one cow with an annual milk yield of 4500 kg should be 0.67 ha. Similar methods are used for determining the fodder areas needed for breeding of cows with different annual yields, i.e.:
- For cows with 5500 kg annual milk yield - 0.78 ha.
- For cows with 6500 kg annual milk yield - 0.87 ha.

The analysis of the cases stated above leads to the following conclusions:
- When cow milk yield is increased the areas required for producing concentrated fodders remain the same size but the necessity of a high quality hay grows up. The legumes and cereals components of the green mass should be reduced while the alfalfa amount is to be increased.
-When the cow milk yield rises the areas needed for grain production sharply enlarge - up to 45% of the required ones in total.

The improvement of the physiological state of the cows and the increase of milk yield is impossible without modern technical equipment.
Besides, according to Doluschitz [4] the financial and labour expenditures are expected to decrease providing the following devices are improved:
- Devices for automatic giving out and controlling of concentrated fodders.
- Devices for automatic supply of coarse fodder.
- Gauges for milk quantity.
- Gauges for cow weight measurement.
- Devices for automatic milking.

Stumpenhen [10] gives evidences that fodder expenditures may reduce on the basis of the individual yield and physiological state only by means of programmed individual giving out of the concentrated fodder portion.
Herd size is a main prerequisite for determining the breeding method and the breeding procedure. It is economically most expedient if tied up breeding is applied for small herds and free breeding - for herds comprising 50 cows and more. The automatic devices for programmed individual giving out of concentrates can be implemented as described by Wendle [11], i.e.:

- Automatic devices having fixed (pre - set) programs.
- Automatic devices with periodical (monthly or weekly) control of the milk yield and cow mass.

Computer management can be applied after a concrete estimation of the economic efficiency of any cow herd that is bred.

2.3. Breed composition of cow farms.

The specific climatic conditions, soil and terrain in Bulgaria determine the availability of several basic breeds (Table 2). The most widely spread breed in our country is the Black - patterned cattle that is a result from cross - breeding of Holstein - Freeze cattles or of European Black - patterned cattles.

Tab. 2. Qualities of the cow breeds in Bulgaria.

Breed	Mass, kg	Daily increase	Milk yield (kg)	Butter contents (%)
Black-patterned cattle	550...600	900...1000	4500...5500	3.6...3.8
Bulgarian red cattle	550...600	900...950	4500...5000	3.7...3.8
Bulgarian brown cattle	600...650	1000...1100	4000...4500	3.7...3.9
Bulgarian Simental cattle	650...750	1100...1200	4500...5000	3.8...4.1
Bulgarian Rodopes cattle	300...400		2500...3000	4.8...5

It is regretful that the above breeds have been mixed to a great extent and that in their populations there are lots of crosses of I-st, II-nd, III-th and IV-th generation. The Bulgarian Rodopes cattle is quite suitable for breeding in mountain regions with large pasture ground and minimum concentrated fodders may be used. The Bulgarian red cattle is a cross - breed of the Red - Sadov cattle and the Red Danish cattle. It is bred mainly in the north - eastern regions of Bulgaria, but the number of cows has been considerably lowered in the last few years. It is convenient to breed cows of combined breeds in small farms, for instance, the Bulgarian brown and Bulgarian - Simental cattle. The comparative analysis of the qualities of the breeds in our country with regard to milk yield, butter and protein contents achieved by the farms in EU [9] countries, shows that in this decade it is not necessary to provide a massive import of young cows and bulls.

3. Conclusions and basic tasks.

Nowadays it is essential to create technologies for effective cow breeding in the market economy conditions by mechanised farming.

The regularities for determining the herd size and its productivity, the breed and feeding methods, form the following trends in the dairy - cow breeding in our country:
- In agricultural regions, where grain fodder yield amounts to 6000 MJ and over, there should be organised farms having herds of 60 cows and more, and productivity achievement of 6000 - 7000 kg. It is expedient the farms to be near to big consumer regions. Free breeding and programmed individual feeding is effective and contributes to the requirement concerning the rate of mechanisation.
- The bigger part of the farms should be with cow herds of 15 - 300 cows and moderate milk yield (4500 - 5500 kg). It is necessary the basic scientific researches to be focused on the development of new recipes for effective feeding, improvement of the technologies to expedient physiological breeding, availability of basic and concentrated fodder portions, automatic milking.
- In the foothill regions can be provided natural nourishing pasture ground where it is most suitable to assure ecological breeding of cows with low milk yield (3000 - 4000 kg). Milking and manure cleaning should be mechanised processes.

References

1. Alexiev A., etc. (1989): Farm animals feeding. Volume 3, Sofia, Zemizdat (Bulgaria)

2. Angelova - Gocheva L., T. Dardjonov, B. Marinov (1993): All for the farmer. Fodders and feeding. Sofia, Zemizdat (Bulgaria)

3. Dardjonov T., A. Kozarov (1993): All for the farmer. The farm. Sofia, Zemizdat (Bulgaria)

4. Doluschitz R. (1992): Technisher Wandel in der Milchproduktion. Schriftenreihe des BELF, Angewandte Wissenschaft, H. 408

5. Grozev G., M. Spasov (1988): Mechanisation and automatization in the stock - breeding. Sofia, Zemizdat (Bulgaria)

6. Mermerski Hr.: USA - farms and farmers. Edited by University "Sveti Kliment Ohridski", "Inter university", Sofia, 1991

7. N. N (1995): Reference book of Republic of Bulgaria. Sofia (Bulgaria)

8. N. N (1996): We will slaughter the hogs and the poultry. Newspaper "Trud", Sofia, number 237 (Bulgaria)

9. N. N (1991): EEC - Dairy Facts.

10. Stumpenhen J. (1990): Verfarens - und fütterungstechnische Untersuchungen zur Konzepzion und Entwicklung eines computergestützten Herdenmenagementsystem für Michkühe im Anbindestall und dessen ökonomische Bewertung. Dissertation Universität Kiel

11. Wendl G. (1991): Rechnergesteuerte Rroduktionshilfen in der Milchviehhaltung - Möglichkeiten und Nutzen. Tagungsband zur Landtechnischen Jarestangung, Landtechnik Weihenstephan, S. 63 - 77.

Study of Possibility to Create Optimal Microclimate in the Reconstructed Stables

ŠOTTNÍK JAROSLAV

Research Institute of Animal Production, 949 92 Nitra, Slovakia

1 Introduction

In the stable rearing natural ventilation is more or less applied. Conditions for this application are defined with more factors. More important are concentration of animals, technological and rearing systems, size of stables and sections, type of the construction. Airing openings, their disposition in the construction, microclimate condition, climatic zone.

Natural ventilation using wind force and thermal buoyancy effect. Therefore it is classified as the airing on the wind and thermal buoyancy. In most cases wind efficiency and thermal buoyancy operate together, with different intensity. Wind efficiency is more frequent in the time as thermal buoyancy efficiency during the course of periods.

Wind airing is based on different pressure on the windward side opposite leeward side, originating in underpressure. For air jet in the horizontal direction is adequate different pressure.

Windows and doors airing is of greater importance because this one is a relative important part over surface of the stables construction. It is possible by their opening good achieve self-acting airing with lower outlet air velocity. In smaller stables, with lower number of animals ventilation is possible with this airing systems during the whole year.

Natural airing is more important requirement in practical realization stables. Therefore must projecting of functional elements of natural airing start from exactly defined driving conditions -wind and thermal buoyancy efficiency on the given local terms. In the basic conception is the proposal of functional elements of natural airing more important - supply of air elements - outlet of air elements. Simultaneously at its constructions must be respected great variation definition of driving conditions during different periods of the year.

In the case of heat insulated stables is equally necessary to make their construction with practical possibility of regulation of the air supply and outlets of basis elements. At this solution it is possible to realize stable with good temperature-humidity conditions in the stable. Regulation systems ma be solved with mechanical electricmechanical driving power.

In case of non-insulated stables are the more important requirements for cold winter period to achieve limited air velocity in the stables. For the different constructions of stables -heat and non insulated stables air jets are characteristic. With this different state it is necessary to calculate in the construction of airing elements of the stables too.

To achieve required air rates and air exchanges with adequate air velocity during the summer, extremely heat periods, it is necessary to take into account the complementary airing elements -doors, windows, gates and other openings useful for airing of the stable. Their use increases the functional area for air supply and its outlet. At calm climatic situation is more important to use front gates for airing of the stables.

Other practical condition at using airing of the stables

Recommendation for application of natural airing in our continental climatic conditions is possible to 200-300 -dairy cows, 300 rearing or fattening cattle. Necessary is proceeding according to conditions in summer and winter periods. Application under lasting, winter conditions is necessary with reduction of air exchanges for dairy cattle in the proportion 1:4-5.

Basic orientation for dimension of the supply and outlet area is determined for dairy cow (600 kg l.m.). For the new creation supply and outlets elements is 0.20 $m^2.head^{-1}(LU)$; This is necessary construction with regulation systems. For extreme winter conditions reduction of outlet opening to 0.1 $m^2.head^{-1}(LU^{-1})$ is possible.

Dimension of the supply and outlet area is according to our instruction for definition and realization of natural airing in the summer period for effective height h_x=4m (buoyancy high) is 0.25 $m^2.head^{-1}(LU^{-1})$; in the winter period for minimum airing -air exchange is necessary area 0.03 $m^2.head^{-1}(LU^{-1})$.

Dimension of airing shaft is calculated with smaller area than at new creation airing elements under eaves and opening on the ridge.

2 Material and Methods

The aim was the analysis of microclimate parameters and functioning of natural ventilation in the reconstructed stables for dairy cows in summer period. Analyses of microlimate were done during two days in the stable I -reconstruction and annex K 96-new capacity 143 head; Stable II -reconstruction K4-BM new capacity 168 head;

Climatic measurements were oriented on the: t_{db},t_{wb}-dry bulb temperature, wet bulb temperature (° C), RH-relative humidity air, CV-cooling value ($W.m^2$), v-air velocity ($m.s^{-1}$), CO_2-carbon dioxide (%); Measurements 7x from 6 -19 , on the 15(3x5) places in the stables, 4(2x2) outside stables.

Measurement functioning airing - air velocity in the airing opening of the stables and to air the reconstruction-annex opening (only in stable-I), repeatedly 6x for every element, between time sets of microclimate measurements.

Technological and rearing systems - Stable I

It is cubicle housing with litter - annex is strawed pen, both area are open to the feeding space and passage, side by side and overlap, fig.1-2. Housing capacity is 97 and 46 in annex part - 143 place together. Airing is across windows, doors and entrance openings located on opposite sides, and for longitudinal using front gates for airing in extreme summer conditions. Cubicles and annex part are aired with opening for air and for drinking through and over the distanced roof ridge of annex (150mm - ridge slots 10.52m^2, 0.228 $m^2.head^{-1}(LU^{-1})$, fig.1.

Calculated open airing area for cubicles and annex pens part 143 cows

	Entrance	Windows	Air openings	Drinking openings	Front gates
Cubicles					
Total /m^2/	28.807	9.785	20.072	7.524	18/9)[1]
for cow /m^2/	0.297	0.100			0.185/0.093
Annex-pens					
Total /m^2/	22.655	6.44			18/9)[1]
for cow /m^2/	0.492	0.14			0.391/0.196

+1) according to climate and working conditions are opened regularly only one gate, then is the calculated area 9 m^2.

Stable capacity is in cubicles part 2490.4 m^3, for head 27.7 m^3; In annex-pens is the capacity 846.4 m^3, for head 18.4 m^3; Total capacity is 3336.83 m^3, for head 23.3 m^3.

Technological and rearing systems - Stable II

Stables were technologically reconstructed for the cubicle housing with litter and connection to the run and with ways to the parlor. Capacity is for 168 cows. Ventilating system was not

reconstructed. Stable is ventilated only naturally - outlet over the 18 shafts without ventilators, it is "original" state,(fig.3); inlets across opening under prefabricated windows, possibility of regulation with concrete plate in winter periods, side doors to the runs and side doors to parlour ways, side gate for transport of manure and front gates across feeding passage.
Projected design for airing functional elements - suggested inlet and outlet openings are in fig.4.

Calculated open airing area for cubicles stable for 168 cows.

	Front gates	Side doors	Windows openings	Outlet vent.shafts
Number	2x2[1)]	3+7	2x18	18
Total /m^2/ 1	5.39[1)]	28.40	3.578	3.533[+)]
For head/m^2/	0.092[1)]	0.169	0.O21	0.021[+)]

1) in case the side gates area is calculated 2x
+) outlet areas - aerating shafts without ventilators
For inlets calculation it is possible to take 31.978 m^2, per head 0.190 m^2.
Theoretical outlet area is only 3.533 m^2, per head 0.021 m^2, it equals the window openings per head 0.O21 m^2, too.
For imprcving the functioning airing in summer periods there is suggested a project solution with increasing inlet and outlet areas, fig.4.

3 Microclimate Parameters Analysis

Results from analysis at standard summer microclimate parameters in stables and outside are given in table 1.

In stable I

When comparing the microclimate parameters in stable and outside it is possible to say that created parameters and functioning of natural airing in analysed stable is very good in summer season. Daily course of temperature in stable on average were 25.1 °C during two days and it is lower than the outside one (25.4 °C). And during the afternoon at maximum temperature course were the inside temperatures lower too. Relative humidity was in comparison in stable 51%, typical state higher than the outside one (42%). Cooling values as the result of cooling effectivity of air movement were in stable 192 $W.m^2$, outside 221 $W.m^2$; Air velocity was in stable 0.30 $m.s^{-1}$, outside was higher value 0.564 $m.s^{-1}$.
Very good intensity of natural of airing is possible to certify according to carbon dioxide concentration in stable air. Its average value was 0.039%, maximum average value from daily course was 0.050%, that is very good intensity of airing too .

In stable II

The analyzed air temperature in stable and its comparison with outside temperature documented that it was in the stable slightly higher than 26 °C, higher opposite outside value 25.7 °C. In this condition with not reconstructed ventilation systems "original state" fig.3., were documented overheating inside stables by about 0.3 °C during two days. Relative humidity in stable was 64%, higher by comparison with the outside once (that were 52%), during the day time.
Results of cooling value and air velocity were smaller than these one in the stable I; In stable 163 $W.m^{-2}$, outside average value was 230 $W.m^{-2}$; air velocity was in the stable 0.219 $m.s^{-1}$, outside values were 0.604 $m.s^{-1}$.
Average carbon dioxide content in the stable air was 0.080%, in the time course were to 0.100%. In more cases measured values were higher in comparison with value in air of stable I too. Therefore about this parameter- CO_2, can say that airing is good, too.

4 Evaluation of air velocity of flowing air in the airing area

Functional parameters are more important for evaluation of climatic condition, building orientation, technological and building solution. In our continental climatic condition has air velocity more variables and therefore it is necessary to use airing areas adapted to situation by course parameters.

Air velocity of flowing air across individual airing elements, airing areas of the stables were documented in windows, doors, entrances on the stables - cubicles and annex pen, openings for air to annexed part, drinking openings for trough, front gates and so on.

In stable I

Average air velocity of flowing air in the airing area /m.s^{-1}/

Side of stables	Right	Right	Left	R+L	Separating wall opening	for and	Front gate FG1/2 0.469
Functional area	Windows	Side entrance			Drinking	To air	FG1/3 0.586 FG1/2-3 0.528 FG2/2 0.651
1.day	0.443	0.582	0.451	0.492	0.514	0.454	FG1-2/2-3 0.569
2.day	0.453	0.548	0.333	0.445	0.509	0.467	
1-2.day	0.448+)	0.565+)	0.392+)	0.469	0.512	0.460+)	

Results value for all days and measurements 0.480 **m.s^{-1}**

+)Minimum values were in afternoon and on the nightfall lower

0.221 0.260 0.275 0.200

Result value of air velocity in basic elements were 0.5 m.s^{-1}.

It was estimated from 1440 repeated measurements.

Total air velocity on front gates was 0.569 **m.s^{-1}**(0.60 **m.s^{-1}**)

In stable II

The level of air velocity in individual airing elements depended on place of areas and climatic conditions during the days.

Average air velocity of flowing air in the airing area /m.s^{-1}/

Opening area	Windows			Entrance door to the run			Side doors -Gates			Front gate		
Side	Right	Left	R+L	Right	Left	R+L	Right	Left	R+L	FG1	FG2	FG1-2
1.day	0.237	0.351	0.294	0.443	0.413	0.428	0.436	0.430	0.433	0.440	1.302	0.871
2.day	0.262	0.201	0.232	0.327	0.314	0.321	0.393	0.340	0.367	0.455	0.460	0.458
1-2.day	0.250	0.276	0.263	0.385	0.364	0.375	0.415	0.385	0.400	0.448	0.881	0.664

Air velocity of flowing air in these stable have a tendency to rise according to functional elements. Minima were at window openings - 0.263 m.s^{-1},in entrance doors to the run 0.375 m.s^{-1}, in side gates 0.400 m.s^{-1}. Higher values were estimated in front gates 0,664 m.s^{-1}. Resulting arithmetical average of air velocity for all functional elements were 0.425 m.s^{-1}, weighted average was only 0.306 m.s^{-1}, because more data of measured values were from window openings with lower air velocity. Therefore according to our opinion prevails longitudinal air flow over the cross one.

5 Conclusion

Analysis of possibility to formulate optimal microlimate parameters in reconstructed stables documented the dependency on climatic conditions. More important is complete reconstruction of stable, not only of the technological rearing system, also the technical solution and adaptation of natural ventilation - airing for this continental climate in extreme

summer with bigger air areas. If the air supply and outlet elements are adapted the average value and daily course of temperatures in stables are lower than outside, the cooling effect, air velocity are better and there is smaller carbon dioxide concentration in the stable air.
Accuracy of reconstructed stable and its airing systems is possible to verify with study of air flowing with measurment of its air velocity. Better air flow was in stable I, were was the airing system reconstructed, too. It was better adapted for summer temperature and extreme climatic conditions.

7 References

CIGR (1992): 2nd Report of WORKING GROUP on CLIMATIZATION OF ANI MAL HOUSES, 147p.

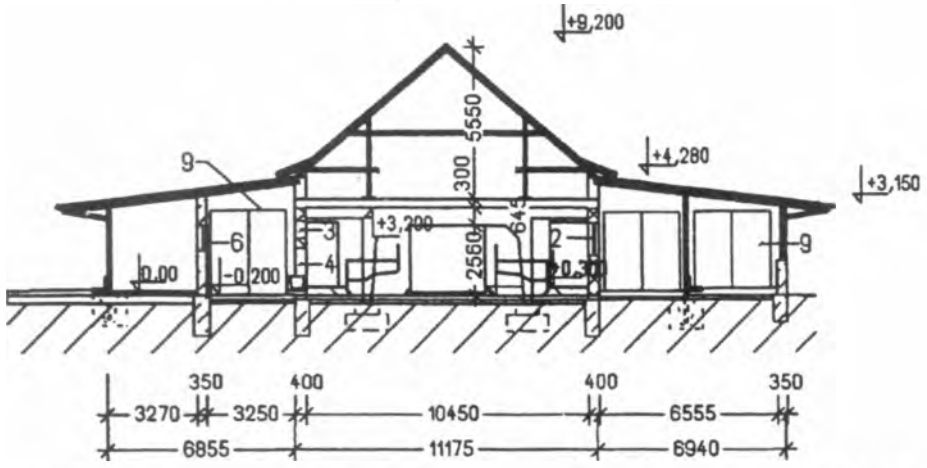
GRAVES,R.E.(1994): Physical Facilities for Dairies in Cold Climates In.: Expansion strategies for dairy farms facilities and financial planning, Notebook for the Expansion Strategies for Dairy Farms, National Conference Ellicott City, Maryland December 8 and 9, 1994, p.185-202,

KATALOG L 8607 RAL(1987):Lüftung und Klimatisierung, Grundlagen zur Stallklimagestaltung freie Lüftung in Pavilonbauten, VEB Landbauprojekt Potsdam

ŠOTTNÍK,J., Š.MIHINA and P.FĽAK(1989):Analysis of functioning of natural ventilation in cattle houses, Proceedings of the Eleventh International Congress on Agricultural Engineering, Dublin 4-8.Sept., Volume 2, 1401-1406, 1989, p., Fig.4.,Tab.4.

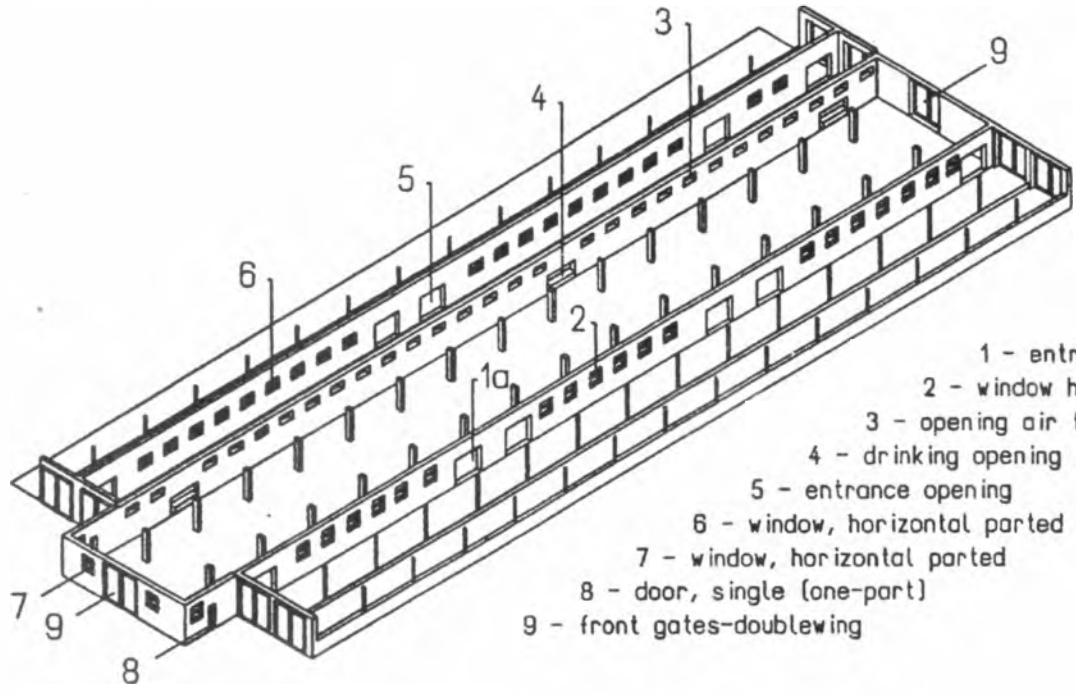
Microclimate parameters in stables and outside in summer periods **Tab.1.**
Tab. 1.

	Stable I.					Stable II.				
	1. ÷ 2. day									
Measure-ments	t_{db} ° C	RH %	CV $W.m^{-2}$	v $m.s^{-1}$	CO_2 %	t_{db} ° C	RH %	CV $W.m^{-2}$	v $m.s^{-1}$	CO_2 %
6^{00}-19^{00}	Inside									
n	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
x	25.1	51.00	190.00	0.295	0.039	26.0	64.0	163.00	0.219	0.082
s	2.70	7.57	59.32	0.301	0.020	2.46	9.56	42.56	0.193	0.041
s_x	0.19	0.52	4.09	0.021	0.0014	0.17	0.66	2.94	0.013	0.0028
v %	10.75	14.92	31.15	101.910	51.90	9.44	14.82	26.04	88.210	49.580
6^{00}-19^{00}	Outside									
n	56	56	56	56		56	56	56	56	
x	25.4	42.00	221.00	0.564		25.7	52.00	230.00	0.604	
s	3.19	9.21	114.41	0.557		3.15	11.32	84.17	0.342	
s_x	0.43	1.23	15.29	0.074		0.42	1.51	11.25	0.046	
v %	12.54	21.80	51.73	98.800		12.25	21.60	36.54	56.620	



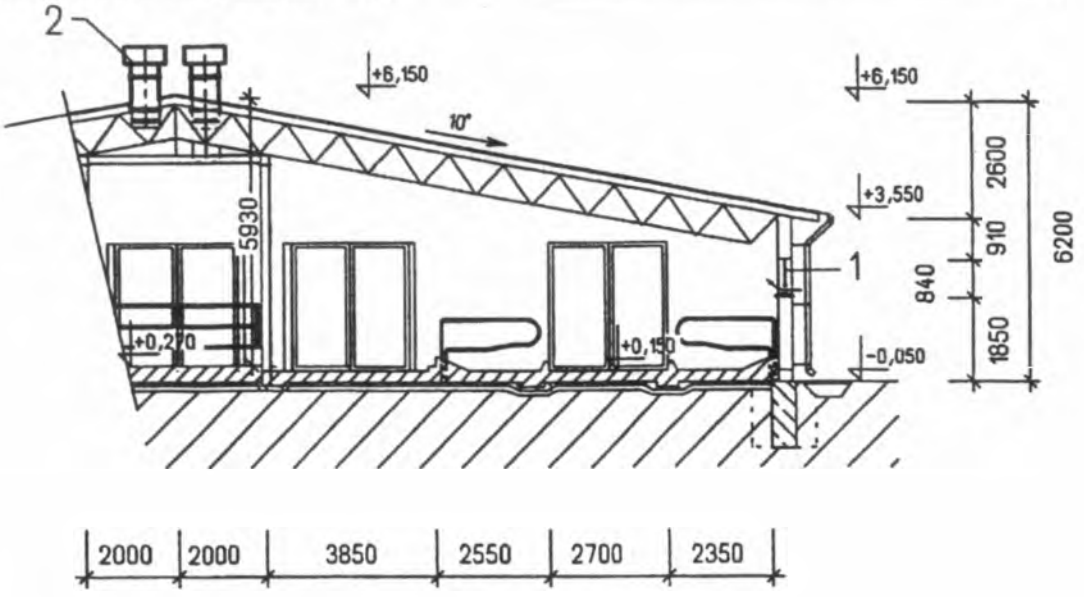
2 - window, horizontal parted
3 - opening air to air
4 - drinking opening for air to air
6 - window, horizontal parted
7 - window, horizontal parted
9 - doublewing front gates

Fig.1. Reconstruction and annex stable K96 -cross section



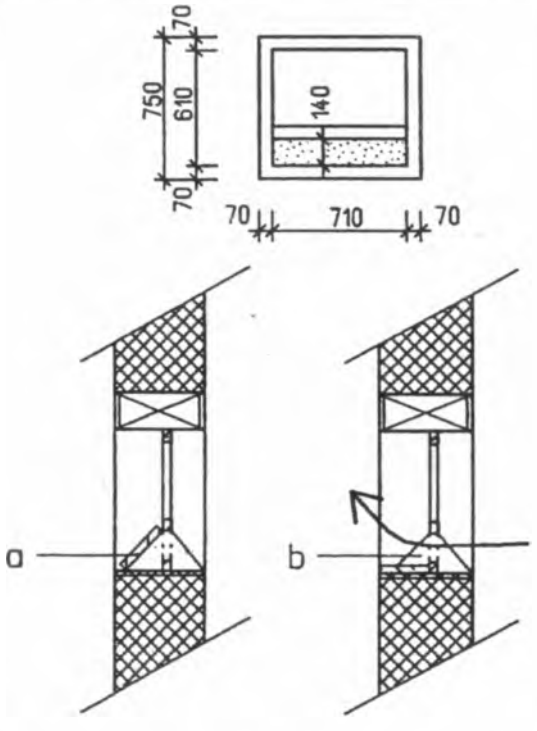
1 - entrance opening
2 - window horizontal parted
3 - opening air to air
4 - drinking opening for air to air
5 - entrance opening
6 - window, horizontal parted
7 - window, horizontal parted
8 - door, single (one-part)
9 - front gates-doublewing

Fig.2. Reconstruction and annex stable K96 - Axonometric



1 - window with airing slot
2 - airing shafts

Prefabriceted concrete window with airing slot



a - slot with covered concrete plate
b - opened slot

Fig.3. Reconstruction of stable for cows K4-BM
-solution with ventilation shafts

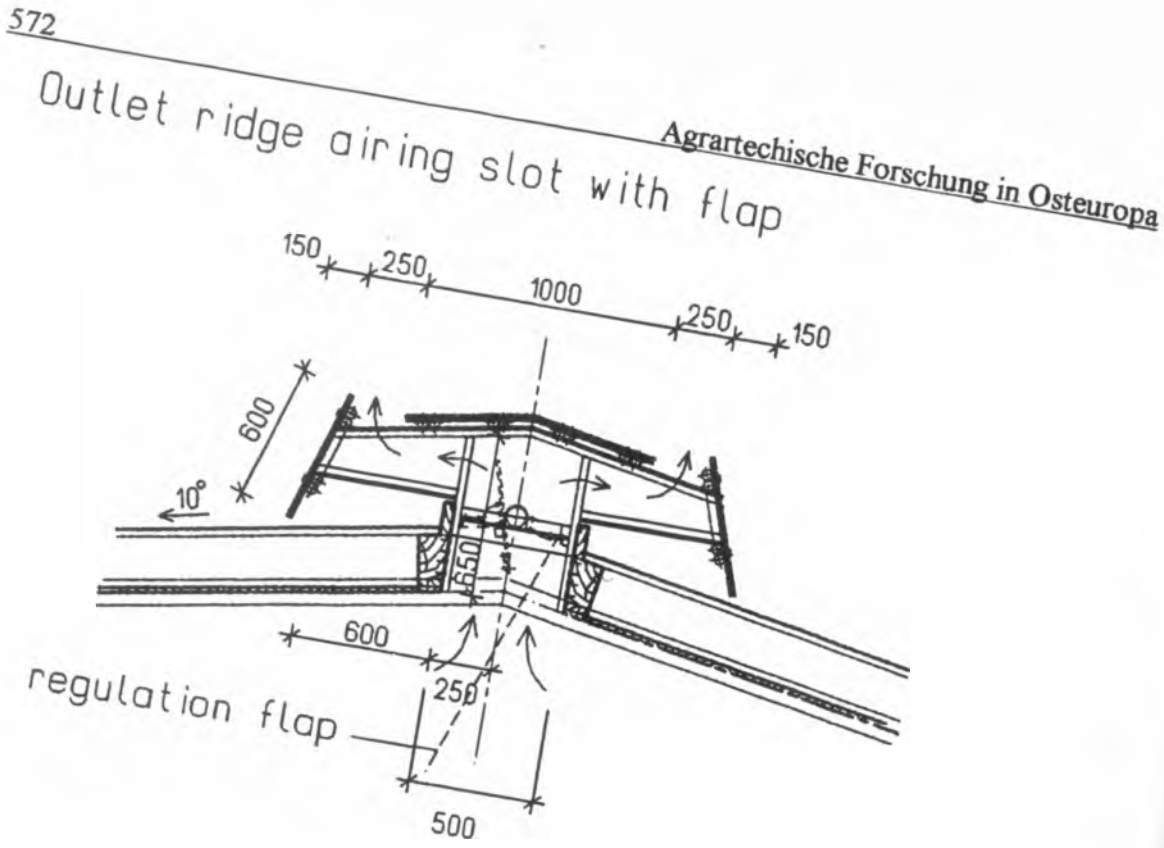


Fig.4 Designed plan for functional elements

Analysis of the Content of Harmful Substances and Microclimate in Experimental Fattening House for Bulls with Circulation Channels under Slatted Floor

ŠOTTNÍK JAROSLAV

Research Institute of Animal Production, 949 92 Nitra, Slovakia

1 Introduction

The construction of stables for cattle rearing is oriented to economical technological and building designs. The conditions of slurry storage under the slatted floor were analysed according to the content of basic harmful substances and resulting parameters of microclimate during the main periods. The buildings were for 280 and 360 bulls with natural aeration.
The average concentration of NH_3 was 0.0008-0.0012 % (8-12 ppm) during the summer period, the maximum values were increased for a short period compared with a valid standard (25 ppm in our country). The content of hydrogen sulphide was either not indicated or it was present only in small concentrations 0.0001 % (1 ppm), max. 0.0003-0.0004 % (3-4 ppm) in the conditions of minimum manipulation with slurry. The carbon dioxide content was good on average 0.030-0.100 % (300-1000 ppm).
The transition period can be also classified as good from the viewpoint of basic harmful substances content.
The level of harmful substances was different during the winter period in dependence on the technological manipulation and aeration intensity. The average concentration of NH_3 was 0.0007-0.0013 % (7-130 ppm), maximum values were increased for a short time compared with the standards with the return pressure manipulation from the tank. The same concentration was also of the content of hydrogen sulphide - H_2S, its maximum values kept to 10 ppm, within the standard. The content of carbon dioxide was on average increased 0.080-0.180 % (800-1800 ppm) in course of time with significantly reduced air exchange.
There were determined two main problems with the gases which occur in the stable most often - the influence of the toxical concentration of gases liberated from slurry stored in tanks under the slatted floor and chemical effect of low concentrations during the life of animals. The standard values valid for human hygiene are 25, 10 and 5000 ppm for ammonia, hydrogen sulphide and carbon dioxide respectively. The validity of the given values is supposed for an eight hours lasting exposition daily, five days in a week (with humans); as the animals are kept in stables all the time they must keep the steady influence of harmful substances in the air, and besides there can act more harmful gases at the same time (cumulatively). Carbon dioxide can be used as precise indicator of aeration intensity because there are known the produced amounts of it. The following save concentrations are permitted for the individual gases and their effects according to (1,11): CO_2 - 0.30 % (3000 ppm), NH_3 - 0.0020 % (20 ppm), CH_4 - 0.030 % (300 ppm), H_2S - 0.0005 % (5 ppm). There are the following concentrations of gases for the cattle rearing in our country: CO_2 - 0.25 %, NH_3 - 0.0025 %, H_2S - 0.001 %, to make comparison. The gases which arise in slurry liberate partially - they leak, and they remain partially dissolved in slurry. If the slurry is moved heavily the gasses are expelled from it. They occur then in high concentrations near the place of great turbulence.

2 Material and Methods

The aim of this work was to analyse the content of harmful substances and basic elements in microclimate in the fattening house for bulls with circulation channels under slatted floor of the pens. Aeration of the house was natural, its capacity is 304 animals.

Technological Design of the Building

There are pen housings with slatted floor and circulation channels for storage and manipulation with slurry in the house. The area of pens differs according to age categories. The span of the building is 13.5 m, the longitudinal modulus 4.5 m. The design of fattening house-cross section stable and of the circulation channels are given in the fig.1; Longitudinal section of the building is in fig.2. The building can be passed through, the feeding equipment is mobile.

Aeration in the fattening house is natural with the air inlet under the eaves along the whole building, and air exhaust through a ventilating slot in the ridge (fig.1). The functional elements of natural aeration have regulation flaps (fig.1 Det.A,B).

3 Content of Ammonia and Hydrogen Sulphide - Summer Period

The content of ammonia and hydrogen sulphide was studied for 3 days. The observation was divided into 10 sets, i.e. 5 x 10 samples, to determine the ammonia and hydrogen sulphide (fig.3,4)

Set of Measurements 1-2

The first two sets were without mixing, in places 1-3, 7-10, i. e. channels I and IV. Hydrogen sulphide was not determined in set 1, it was scarce in the second set (fig.4).

Set of Measurements 3-4, 5-6

There were observed 4 sets morning and afternoon, during the mixing. The channels I and IV were observed, too. During the measurements in the afternoon were the values of ammonia content 0.0020 % and 0.0023 % (20 and 23 ppm) increased to a maximum of 0.0047 % and 0.0050 % (47 and 50 ppm) at smaller movement of slurry during the set 5-6 at the channel IV (fig.3).

The content of hydrogen sulphide was scarce (1 ppm),fig.4.

Set of Measurements 7-8, 9-10

On the third day were also observed 4 sets, all were at channel II, there was an intensive movement of slurry in sets 7-8. The maximum values being 0.0005 % and 0.0028 % (5 and 28 ppm).

The concentrations of hydrogen sulphide, the maximum values being 0.0014 % and 0.0008 % (14 and 8 ppm), (fig. 3,4).

The average concentration of ammonia 0.0019 % (19 ppm), max. 0.0044 % (44 ppm), was measured in set 9 during the mixing.

The average concentration 0.0013 % (13 ppm), max. 0.0036 % (36 ppm), was in set 10 after the mixing was finished (fig. 3).

The content of hydrogen sulphide kept within the norm 0.00009 % and 0.0001 % (0.9 and 1 ppm), max. 0.0005 % and 0.0012 % (5 and 12 ppm), fig.4).

The average value of ammonia content was 0.00143 % (14.3 ppm), and of hydrogen sulphide 0.00005 % (0.5 ppm) for all the sets.

The above mentioned resulting values together with the content of carbon dioxide show that the air exchange was good; the increase of ammonia content did not last long, the increased concentration of hydrogen sulphide was rare.

The content of dry matter in slurry was 8.58 % - 9.58 % with the given measurements.

3.1 Parameters of Microclimate - Summer Period

There are given the resulting values of measured parameters of microclimate:

Measurement			Inside				Outdoor		
Days	t_i	RH_i	Cv_i	v_i	CO_{2i}	t_o	RH_o	Cv_o	v_o
	° C	%	$W.m^{-2}$	$m.s^{-1}$	%	° C	%	$W.m^{-2}$	$m.s^{-1}$
1	17.7	78	717.4	3.11	0.126	16.7	76	968.8	5.97
2	20,2	69	582.9	2.72	0.140	19.9	67	705.6	3.94
3	19.9	79	578.4	2.74	0.178	18.8	81	789.1	4.99
1-3	19.3	76	627.2	2.86	0.148	18.5	75	821.2	4.97

There was a slight increase of the temperature by 0.8 °C in the building when door was shut. The inner and outside relative humidities were equated in the resulting values. The values outside the building were higher as well as the cooling values and air flow inside of the house. As there were not exploited the supplementary functional elements and on the basis of the resulting concentration was the intensity of air exchange good according to the given factor.

4 Content of Ammonia and Hydrogen Sulphide - Winter Period

The content of ammonia and hydrogen sulphide was studied during three days as in the summer period, in 11 sets (5x11 samples) in all channels I-IV, (fig.5,6)

The sets 1-2 were studied without mixing, and set 4 after mixing, a part of the sets 8 and 11 was in consequence of a technological defect the same as after mixing. The average measured values were within the tolerated values in all sets of measurement (fig.5,6).

Sets of Measurement 1-2, 3-4

The max. measured values of ammonia were 0.0027 % and 0.0012 %, in the sets 1 and 2. There was no hydrogen sulphide found in set 1, in set 2 it was 0.0003 % max.

In set 3 the max. value of ammonia was 0.0015 %, in set 4 - 0.0022 %, (15 and 22 ppm) ppm)(fig.5,6). .

The content of hydrogen sulphide was observed only in set 3, during the mixing, max. 0.0004 % (4 ppm), in set 4 was not detected.

Sets of Measurement 5-6, 7-8

There were found max. values of ammonia 0.0044 % and 0.0036 % (44 and 36 ppm), 0.0021 % and 0.0013 % (21 and 13 ppm) on average in the set 5-6 during the second day(fig.5). The max. values 0.0017 % and 0.0027 % (17 and 27 ppm) in set 7-8.

The content of hydrogen sulphide was found sporadically (fig.6).

Sets of Measurement (9-11)

The max. concentration of NH_3 was 0.0025 %, (25 ppm) in set 9, and 0.0014 % in set 10,(14 ppm) during the third day.

The content of hydrogen sulphide was low - max. 0.0001 % and 0.0003 % (1 and 3 ppm)(fig.5,6). ..

The max. content of NH_3 was 0.00185 % (18.5 ppm), 0.00065 % (6.5 ppm) on average in set 11. Hydrogen sulphide was not detected.

The content of dry matter in slurry was 9.55 - 9.64 % with the given measurements .

4.1 Parameters of Microclimate - Winter Period

The measurements were done towards the end of winter. The temperatures of air inside the building were highly equated during the individual days of measurement.

Measurement Days	Inside t_i	RH_i	Cv_i	v_i	CO_{2i}	Outdoor t_o	RH_o	Cv_o	v_o
	°C	%	$W.m^{-2}$	$m.s^{-1}$	%	°C	%	$W.m^{-2}$	$m.s^{-1}$
1	10.4	60	400.8	0.182	0.187	4.2	37	1070.3	2.13
2	10.6	69	421.7	0.231	0.215	4.2	50	702.2	0.67
3	10.3	65	422.2	0.224	0.227	3.3	41	865.3	1.20
1-3	10.4	65	415.0	0.213	0.210	3.9	43	879.3	1.33

The minimum temperature in the morning was to -1 °C and the average minimum temperature was - 0.5 °C.

The values of the relative air humidity outside the building were quite low. The air flow in the building was with the restricted -regulated air exchange. The average content of carbon dioxide was within the allowable span.

5 Summary

We can recommend technological and building design of the storage of slurry in circulation channels under slatted floor on the basis of the experimental analysis of the content of basic harmful substances, and of the microclimate in the fattening house for cattle. The technological and building design must correspond with the tested design, division of the building, and of its storage part into separate channels. The admissible concentration of animals kept in the building are approx. 300 heads (200 LU). Regular mixing - circulation of the slurry is necessary for exploitation - a technological discipline for creation of a standard for air exchange by ventilation in all seasons, mainly during the mixing, circulation of slurry in the given channel.

It is necessary to increase the effectiveness of natural ventilation by means of supplementary functional elements (windows, side doors, etc.) during the realization of the verified version in 1st zone of temperature (to -15 °C).

6 References

BRUCE, J.M.(1981): Environmental Aspects of Housing for Animal Production, Ed. J.A. Clark, London, Butterworths, 197p.

NORDSTROM, G.A and J.B. McQUITTY(1976): Manure Gases in the Animal Environment - A Literature Review (with particular Reference to Cattle Housing), Department of Agricultural Engineering University of Alberta, Edmonton, Alberta, Research Bulletin No.76-1, 80p.

ŠOTTNÍK,J.and P.FĽAK (1994): Evaluation of the air quality in stables with slurry stored in the pits under slatted floor. In: International Conference on Agricultural Engineering (29.8.-1.9.1994) Milano, p.364-366.

WATHES.C.M. and C.D.R.JONES - A.J.F WEBSTER (1983): Ventilation, air hygiene and animal health, Special feature, Farm Animal Housing, The Veterinary Record, December, No.10, p.554-559

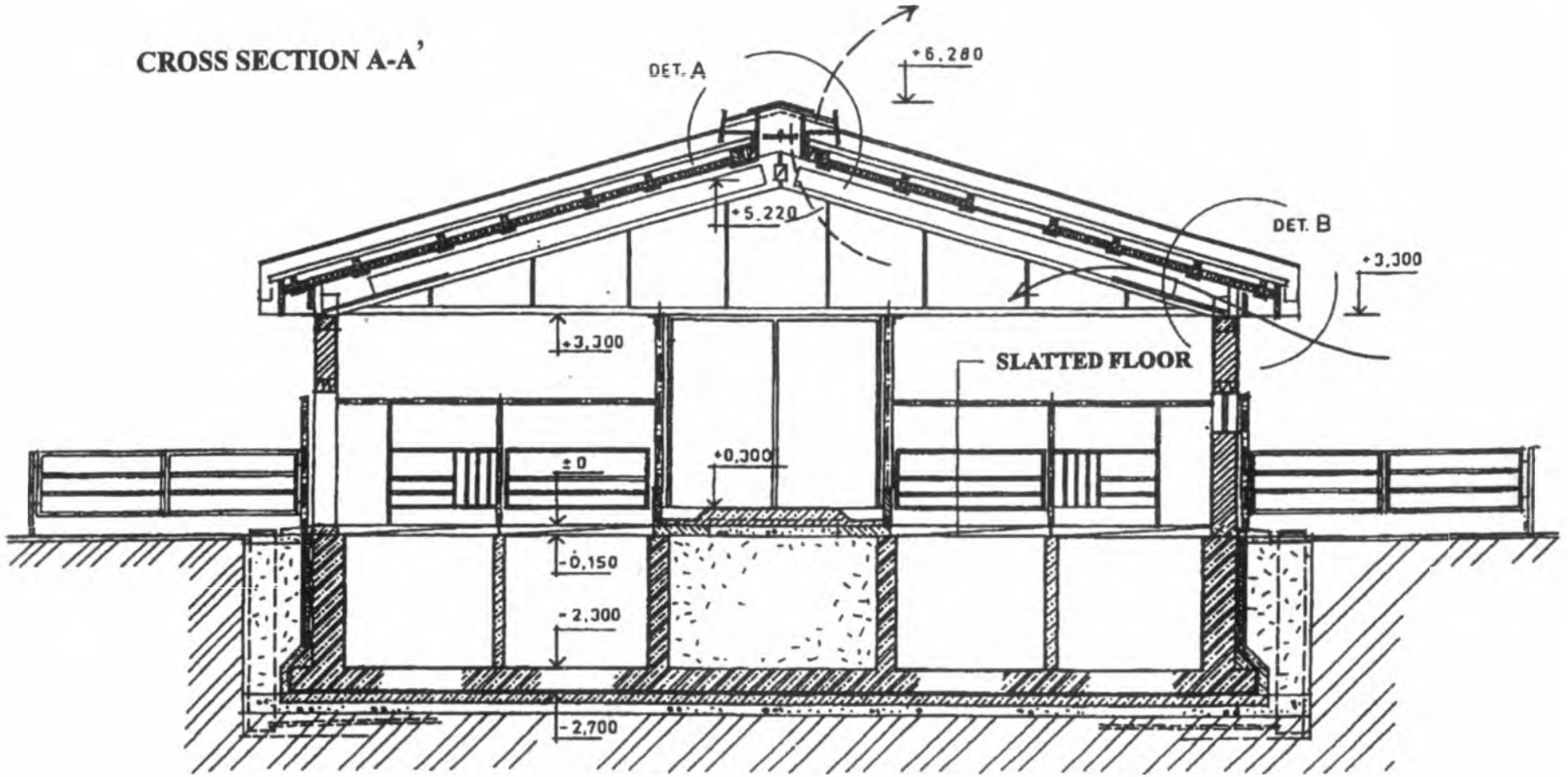


Fig.1 Fattening house with circulation channels under slatted floor

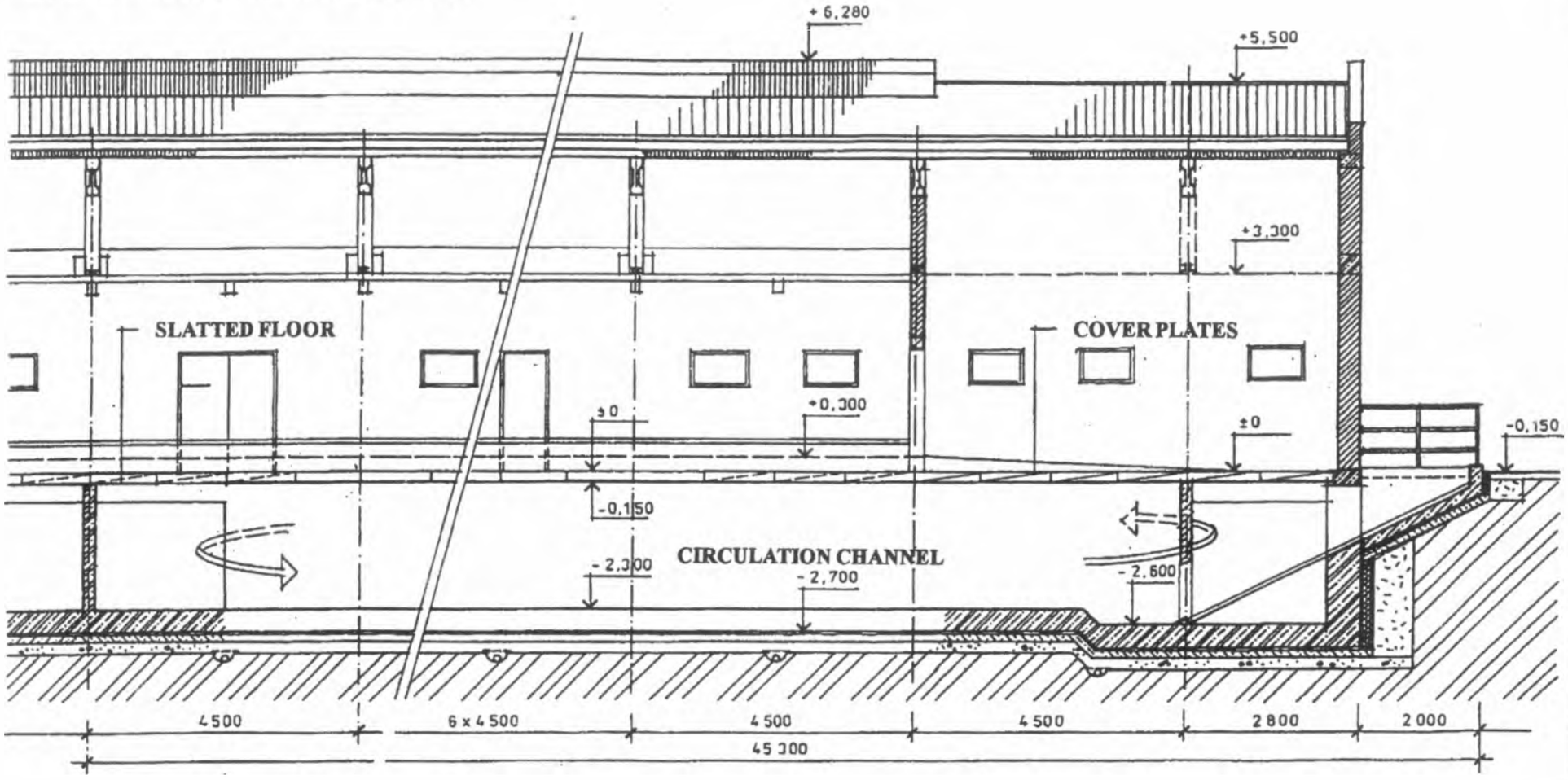


Fig.2 Fattening house with circulation channels under slatted floor

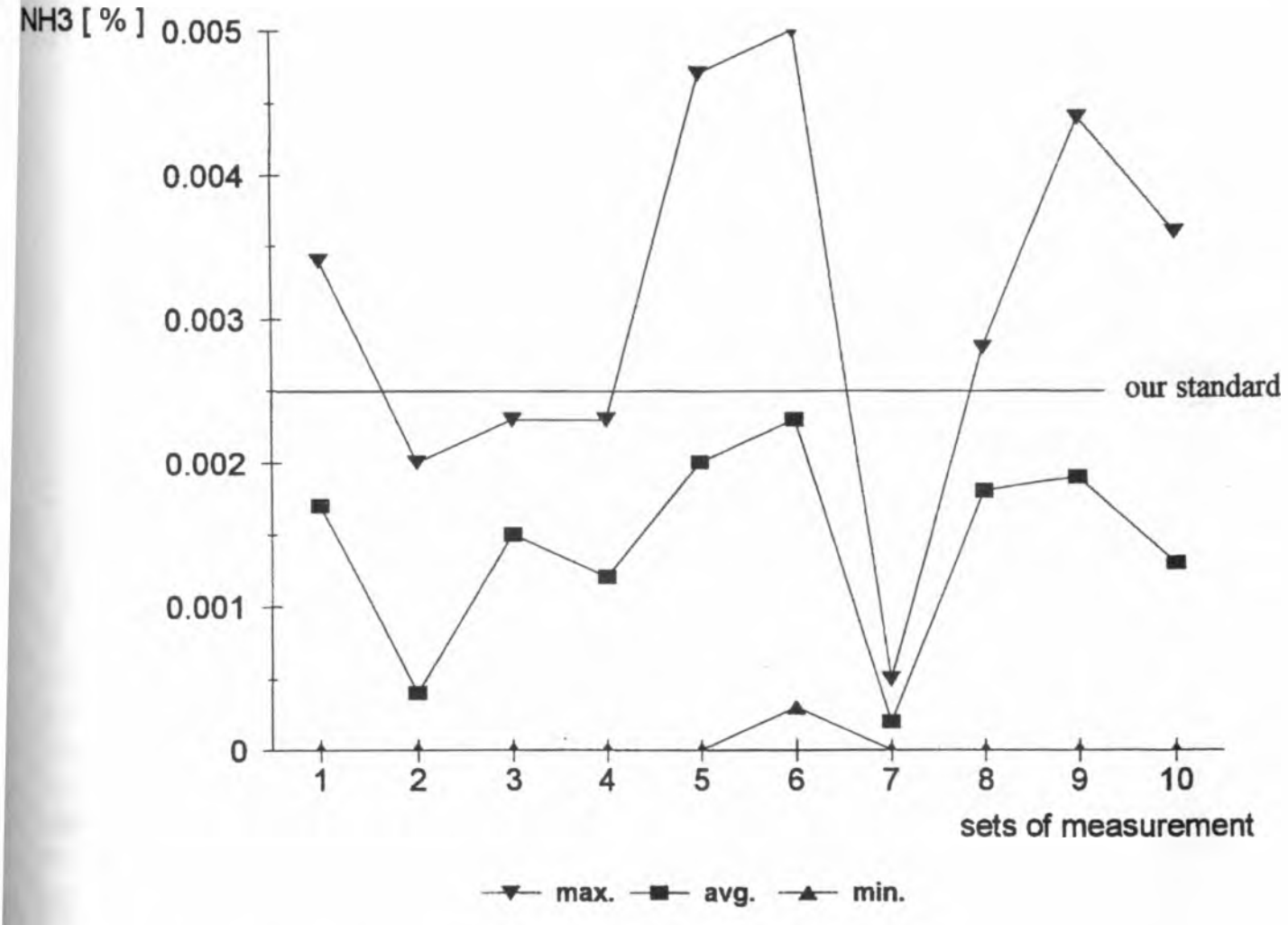


Fig.3 Resulting values of ammonia in stable air during three days in summer period

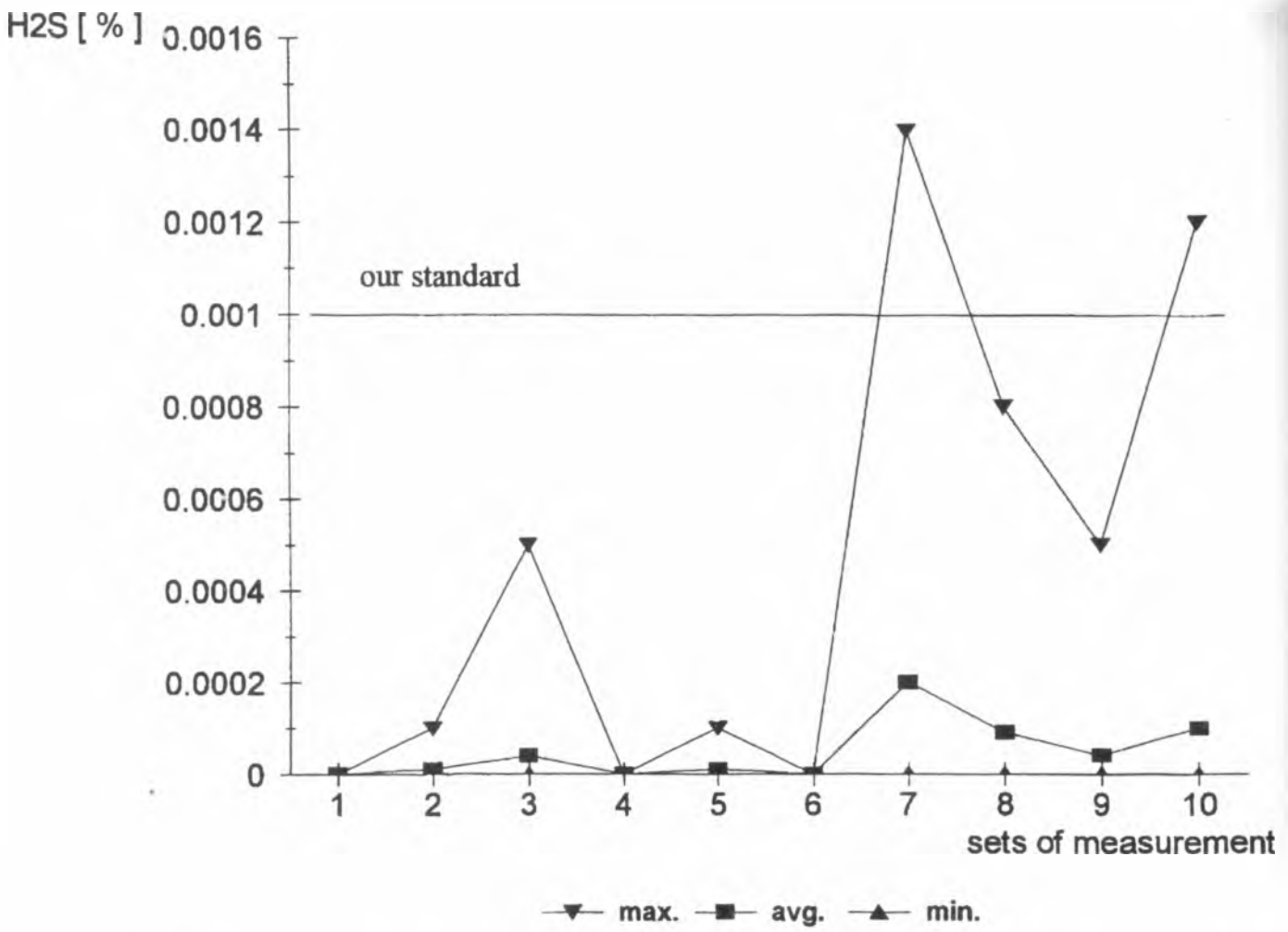


Fig.4 Resulting values of hydrogen sulphide in stable air during three days in summer period

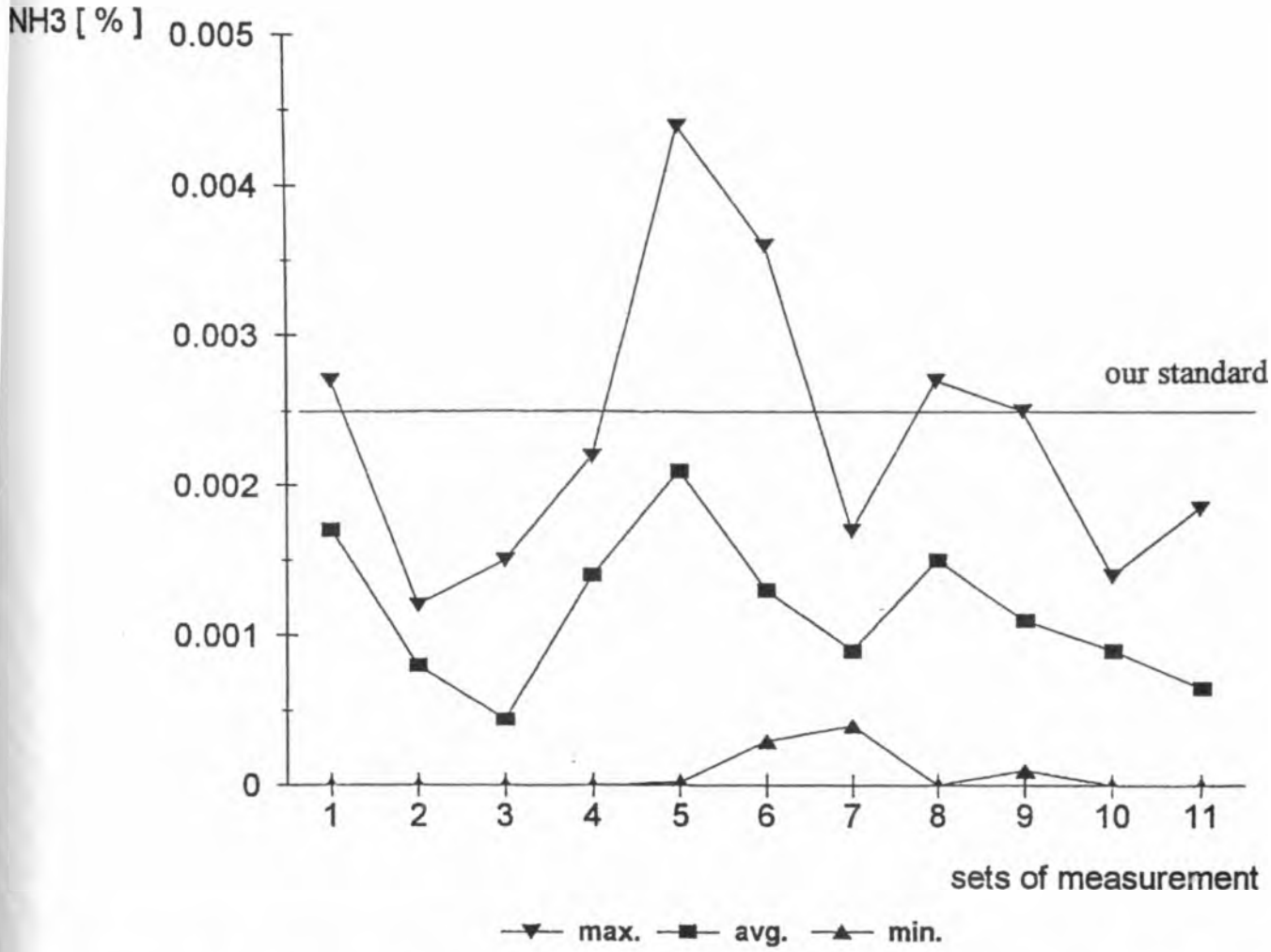


Fig.5 Resulting values of ammonia in stable air during three days in winter period

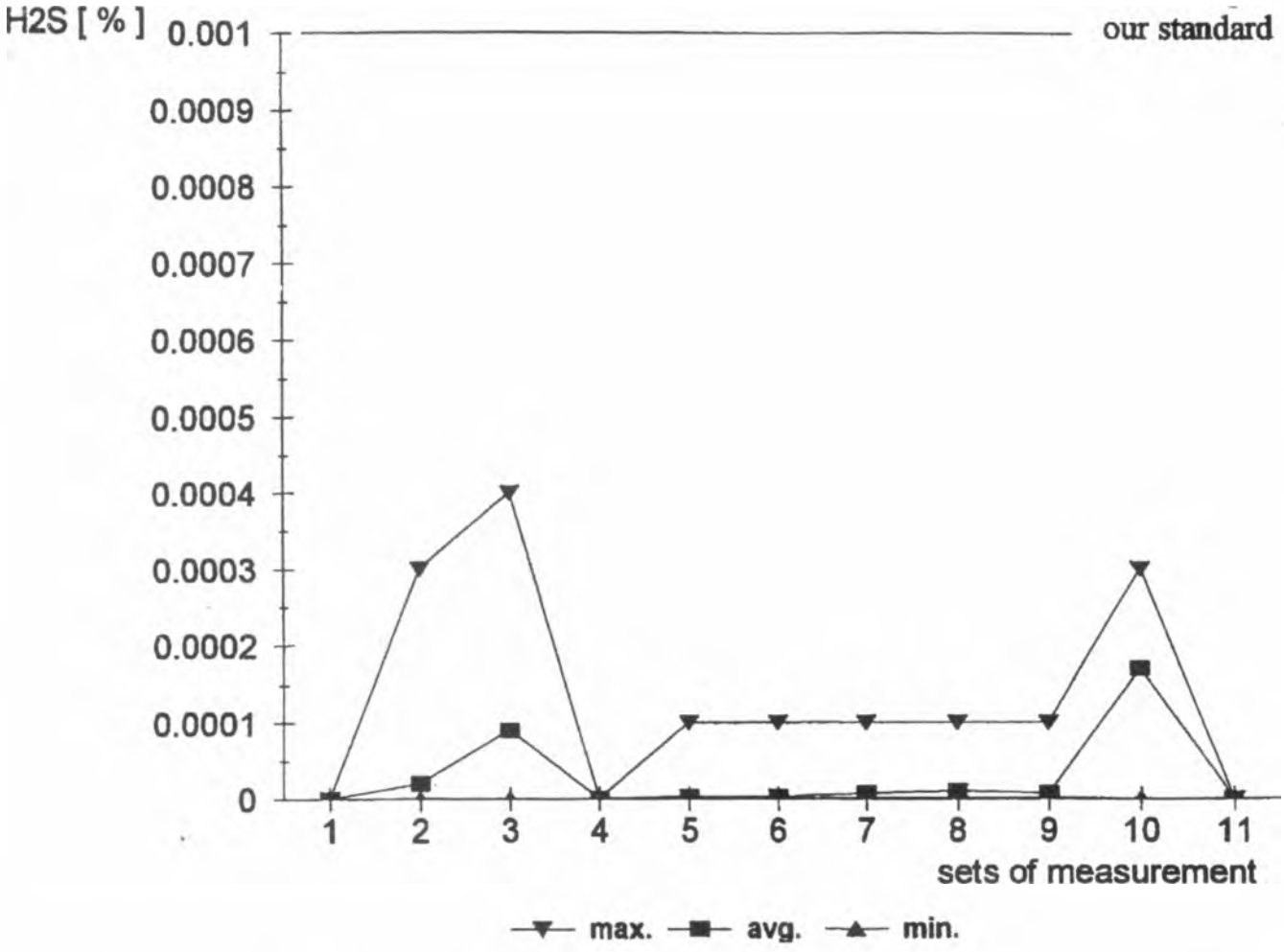


Fig.6 Resulting values of hydrogen sulphide in stable air during three days in winter period

QUALITY, RELIABILITY, EFFICIENCY AND COMPROMISES IN THE PLANNING OF MILKING SYSTEMS

TÓTH, LÁSZLÓ[1] ; BAK, JÁNOS[2]

[1] University of Agricultural Sciences, Department of Agroenergetics
H-2103 Gödöllõ Páter K. u. 1.

[2] National Institute of Agricultural Engineering, Ministry of Agriculture
H-2100 Gödöllõ, Tessedik S. u. 4.

Preludes

In the past 35 years the requirement to the milk quality has been increasing and the cow stocks has been concentrated. The increasing milk yield and milk producing ability cow stocks are milked with higher flow rate milking devices. In our country, due to the large scale farming conditions (Holstein-Friesian herds, 4000-8000 litre/cow/year, average herds of 420 cows), the American, European and Hungarian milking device dimensioning principles had different effect on the quality, reliability and efficiency.

Method

Making use of milking device examination results and literature data of more decades modification of milking productivity is exposed, such as

- the transformation of the milk producing ability and milking rate of our cow stocks,
- the effect of the ISO, American and Hungarian dimensioning principles on air transport,
- the change of the milk tubes and collectors.

Results

Efficiency

In the past 35 years the productivity has increased significantly with the pipeline milking devices and milking platforms (figure 1).

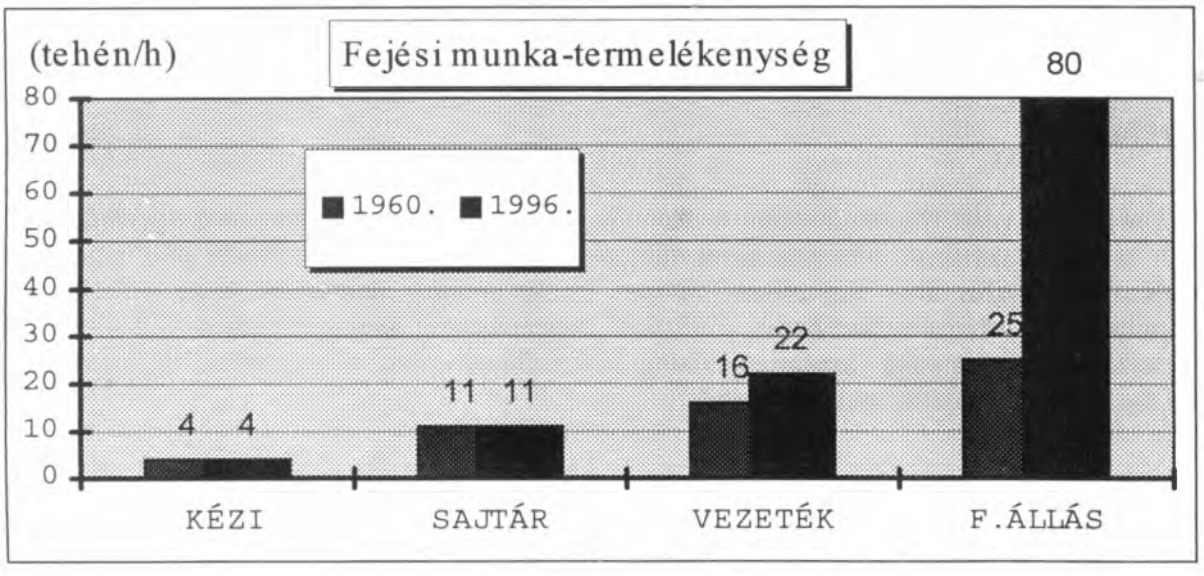


Figure 1: The efficiency of hand milking, pail and pipeline milking apparatuses
Fejési munka-termelékenység = milking work productivity; Tehén/óra = Cow/hour
Kézi = Manual; Sajtár = Pail; Vezeték = Pipeline; F. állás = Milking Platform

The efficiency increased also significantly. Whilst one person milked 4 to 5 cows in one hour, the pail milking devices made possible to milk 11 to 12 cows hourly. The today's milking efficiency is around 60-80 cows per hour for one person, which means at least 500 to 600 % increase brought by machine milking.

In the productivity the performance of the given milking device plays a role, but it is more significant how the shape, structure and automation of the apparatus is realised.

The advent and development of microelectronics and the automation made possible to carry out numerous machine operations what were unimaginable in the sixties. Such operations are udder preparation, separation of animals when driving in and out and the automatic getting off the milking device controlled by the milk flow.

Milking rate

That time milk production of the individual cows and mainly the performance of the milking devices is characterised by the average of 1.25 kg/minute and 2 kg/minute maximum milking rate achieved with Hungarian Spotted cow herds. Those data of the 1960's years were the features of the milking devices rather than that of the herds. The recent developments reached the 6 kg/minute maximum milking rate, and some cows can produce 9 kg/minute milk flow rate.

The evolution is better exhibited by the average milking rate, which increased to 3.8 kg minutely. Of course, those results can not be due to the milking devices. Meanwhile considerable breeding changes has happened and populations were selected for milk production (figure 2).

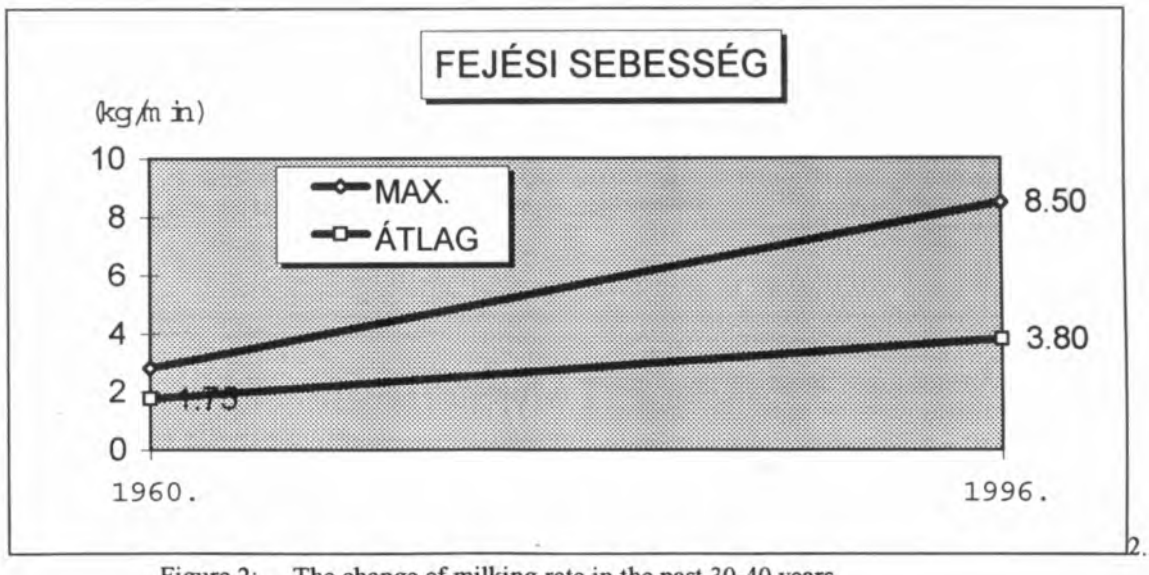


Figure 2: The change of milking rate in the past 30-40 years
Fejési sebesség = milking rate; Átlag = average

Cost and energy saving

The main factor of raising investment efficiency is the extension of milking period i.e. the milking of more cows at a given milking location. The construction consequence of this only the necessity for quite reliable, robust milking devices which can operate daily 20 to 22 hours continuously without breaking down and harming the living organism.

In the operation of vacuum pumps two sharply opposite tendencies are seen. In the large plants of the USA and Europe the demand for the high utilisation rate is tried to be met. So that the apparatuses should be robust and operate with high air reserve for no airtransport defects should appear even in long operation (figure 3).

It can be stated that the air reserve ca decrease to a certain extent and the vacuum pumps should be inspected and reinstated only then. In the case of ISO prescriptions only a few

percent decrease is allowed in the air capacity, otherwise significant defects will occur. Thus those apparatuses need more frequent inspection and service by which the regular cost will increase.

In the most large equipments electronic control pulsators are used, at which the differences between the front and back udder quarter capacities are changed according to requirements of the herds.

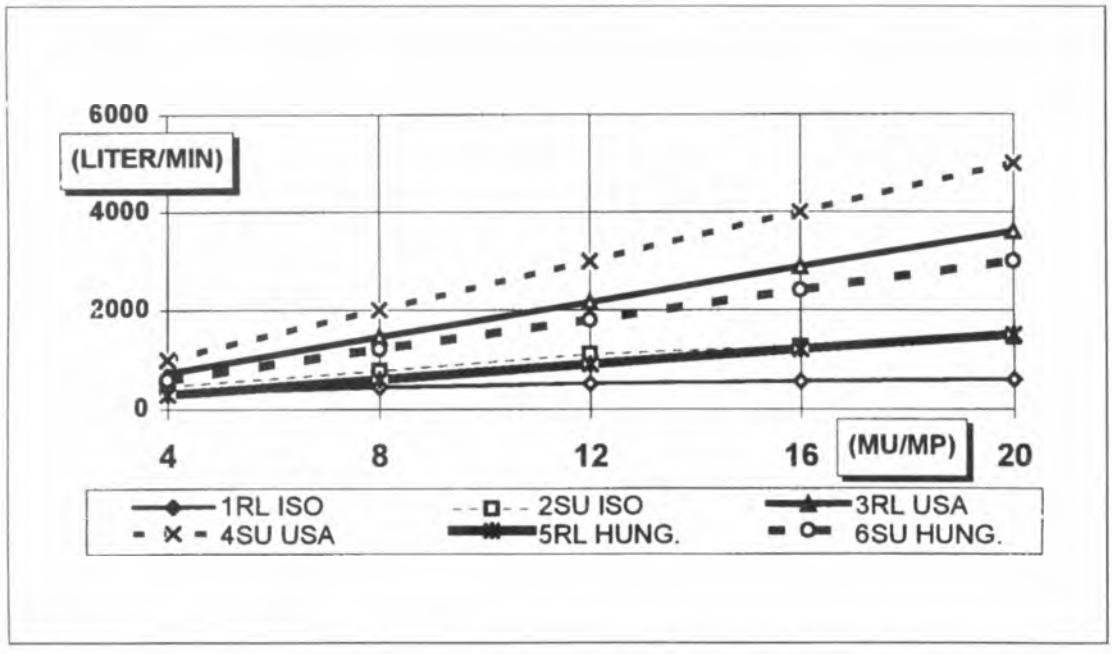


Figure 3: ISO, American and Hungarian prescriptions of air capacity
(Differences in the air capacities - litre/min)
MU/MP = milking device/milking platform; 1RL ISO = Reserve ISO; 2SU ISO = Pump capacity ISO; 3RL USA = Reserve capacity USA; 4SU USA = Pump capacity USA; 5RL HUNG = Reserve capacity Hungary; 6SU HUNG = Pump capacity Hungary

With practically no exception lower building milk pipeline arrangements are used. Such way the milking devices became considerably simpler, while the milking vacuum level can be reduced from 50 kPa to 40-45 kPa, so in the period of idle milking the udder tissues are less strained.

So to speak all the today's modern milking equipments have automatic controlled cleaning device. The cleaning devices make possible to clean all parts of the milking device perfectly, moreover they use PC operated optimising programs which solve the question of the least cost, least cleaning agent, and the possible best temperature cleaning liquid washing. Thus optimal cleaning is made with saving energy.

Milk tubes and collectors

To follow the cows' milking ability increase the diameter of collectors and pipelines should (have) be(en) increased.

Both inner diameter of milk tubes (figure 4) and the milk reservoir volume of collectors (figure 5) and the diameter of main vacuum tube have been enlarged.

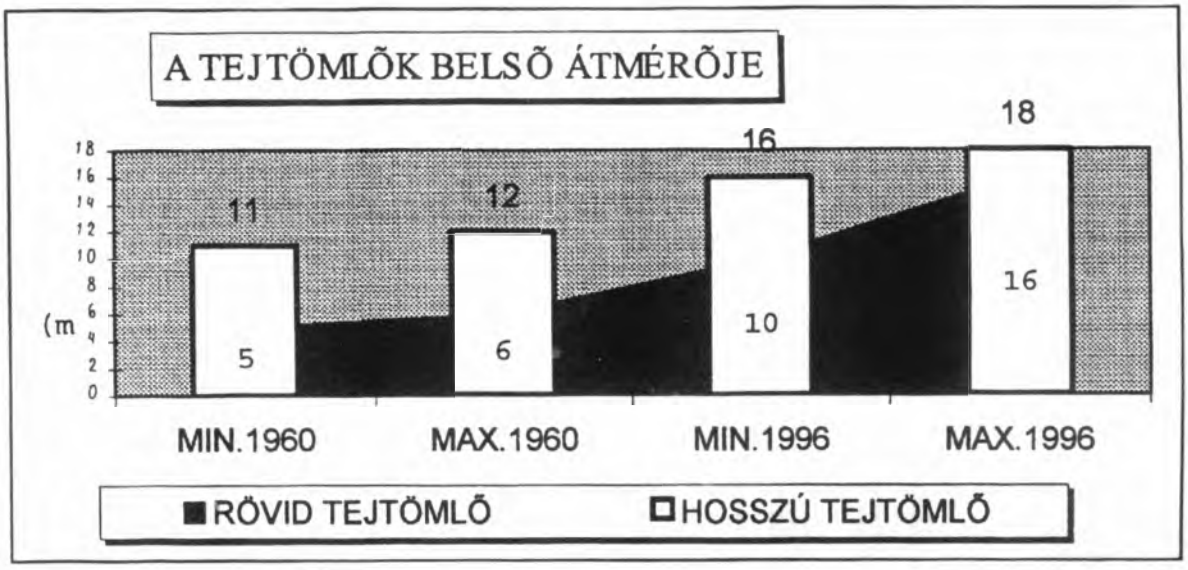


Figure 4: Evolution of inner diameter of milk tubes
A tejtömlõk belsõ átmérõje = Inner diameter of milk tubes; Rövid tejtömlõ = Short milk tube; Hosszú tejtömlõ = Long milk tube

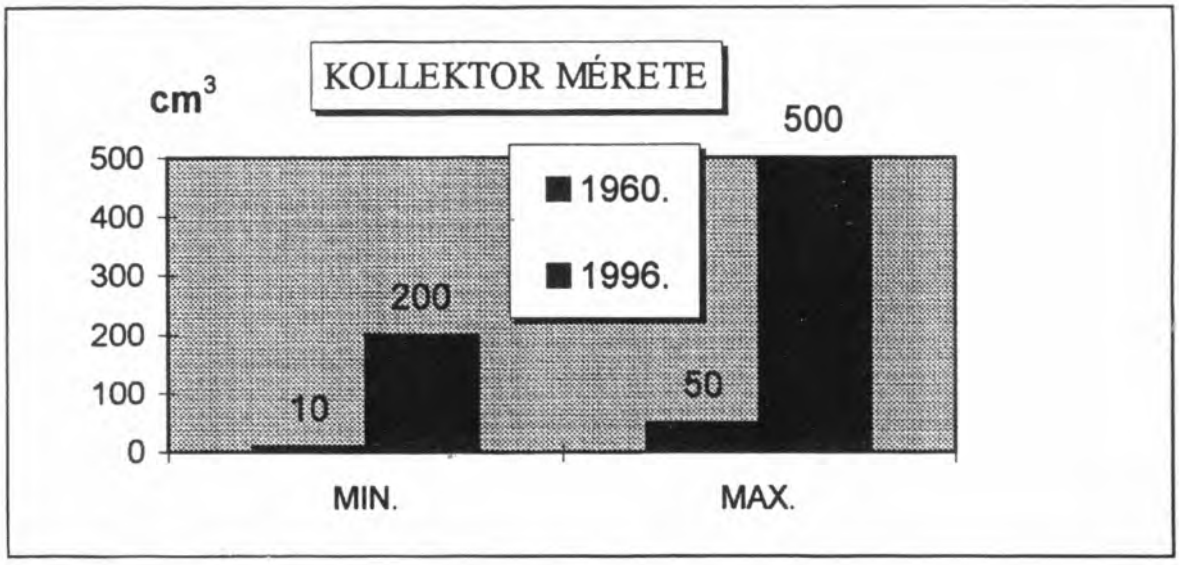


Figure 5: Evolution of milk reservoir volume of collectors
Kollector mérete = Collector size

Conclusions

These days small volume working cylinders are applied at the milking device removers instead of large ones, so that the air consumption will be a fraction of the earlier value. In a milking platform the pulsators are operated in cascade system, thus the pulsation happens in different time at the milking devices, and not coinstantaneously.

Considering the whole milking platform the average air consumption for each milking unit is 25-30% less nowadays. Thus the application of lower rate vacuum pumps is reasonable which need lower power supply by electric motors obviously. The result is reducing electric power requirement such way saving energy and cost.

The air reserve volume can be even reduced to 10 to 20 %. Of course, these equipments require the high precision operation and the continuous monitoring of the operation state during milking. Finally energy is saved by investing in

INSTRUMENTATION = SENSING,
INDICATION & ALARM

Chronik

Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“

Tagung	Veranstalter	Vorträge und Teilnehmer	Ort	Termin
1	Justus-Liebig-Universität Gießen Institut für Landtechnik	23 Vorträge einzügige Veranstaltung 126 Teilnehmer	Gießen	15.03. Exkursion, 16.und 17.03. 1993 Tagung
2	Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) Humbold-Universität zu Berlin Institut für angewandte Nutztierwissenschaften	49 Vorträge zweizügige Veranstaltung 180 Teilnehmer	Potsdam	13.03. Exkursion, 14. und 15.03. 1995 Tagung
3	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik	68 Vorträge dreizügige Veranstaltung 225 Teilnehmer	Kiel	11. und 12. 03. 1997 Tagung
4 (geplant)	Technische Universität München Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik Freising-Weihenstephan		Freising	09. und 10.03. 1999

Dipl.-Ing. Barbara Amon
Universität für Bodenkultur
Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik
Peter-Jordan-Str. 82
A-1190 Wien
Österreich

Dr. Thomas Amon
Universität für Bodenkultur
Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik
Peter-Jordan-Str. 82
A-1190 Wien
Österreich

Dipl.-Ing. agr. Helga Andree
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Dipl.-Ing. agr. Rudolf Artmann
FAL
Institut für Betriebstechnik
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Dr. Heinrich de Baey-Ernsten
KTBL
Abt. Bauwesen, Tierhaltung, Ländlicher Raum
Bartningstr. 49
64289 Darmstadt

Dr. Kerstin Barth
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik in der Tierproduktion
und Landw. Bauwesen
70593 Stuttgart

Dr. Jürgen Beck
Universität Hohenheim
Verfahrenstechnik in der Tierproduktion
und Landw. Bauwesen
Garbenstr. 9
70599 Stuttgart

Dipl.-Ing. agr. Susanne Behninger
Technische Universität München
Institut und Bayerische Landesanstalt für
Landtechnik
Abteilung Bauwesen und Technik in der
Tierhaltung
Vöttingerstr. 36
85350 Freising

Dr. Ing. Werner Berg
Institut für Agrartechnik Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Dipl.-Ing. agr. Mathias Bichmann
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Prof. Dr. Franz-Josef Bockisch
FAL
Institut für Landwirtschaftliche Bauforschung
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Ir. Nadia Bos
Catholic University of Leuven
Agricultural Buildings Research
Kardinaal Mercierlaan 92
B-3001 Heverlee
Belgien

Prof. Dr. Josef Boxberger
Universität für Bodenkultur
Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik
Peter-Jordan-Str. 82
A-1190 Wien
Österreich

Arch. Marija Brdarevska
University of Belgrade
Faculty of Agriculture
Nemanjina 6
Y-11080 Zemun-Belgrade
Jugoslawien

Dipl.-Ing. agr. Gunnar Brehme
Forschungs- und Studienzentrum für
Veredelungswirtschaft
der Georg-August-Universität Göttingen
Abt. Verfahrenstechnik
Driverstr. 22
49377 Vechta

Dr. Ulrich Brehme
Institut für Agrartechnik Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Prof. Dr. Wolfgang Büscher
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrartechnik
Ludwig-Wucherer-Str. 81
06108 Halle a.d. Saale

Dipl.-Ing. agr. Ludo van Caenegem
Eidgenössische Forschungsanstalt für
Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT)
Sektion Landwirtschaftliches Bauen
CH-8356 Tänikon b. Aadorf
Schweiz

Prof. Dr. T. Y. Chung
Kon-Kuk University
Department of Animal Science,
College of Animal Husbandry
93-1, Mojin-dong
Kwangjang-Ku, Seoul
Korea

Dr. Horst Cielejewski
Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe
Schorlemer Str. 26
48143 Münster

Dr. Th. Damm
Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe
Schorlemer Str. 26
48143 Münster

Anne Deuter
Humboldt-Universität Berlin
Institut für angewandte Nutztierwissenschaften
Philippstr. 13
10115 Berlin

Dipl.-Ing. Jörg Driemer
Forschungs- und Studienzentrum für
Veredelungswirtschaft
der Georg-August-Universität Göttingen
Abt. Verfahrenstechnik
Driverstr. 22
49377 Vechta

Dr. Ing. Wilfried Eckhoff
Lessingstr. 16
16356 Ahrensfelde

Dipl.-Ing. Jürgen Gartung
FAL
Institut für Landwirtschaftliche Bauforschung
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Dr. Gebbe
Bauförderung Landwirtschaft
Johannssenstr. 10
30159 Hannover

Dr. Andreas Gronauer
Technische Universität München
Institut und Bayerische Landesanstalt für
Landtechnik
Arbeitsgruppe Reststoffverwertung und
Emissionsminderung
und Abteilung Meßtechnik
Vöttingerstr. 36
85354 Freising

Dipl.-Ing. agr. Stefan Gurk
öbv landw. Sachverständiger (Emissionen und
Immissionen)
Hermann-Löns-Straße 9
03050 Cottbus

Dr. Nicolas Guth
FAL
Institut für Landwirtschaftliche Bauforschung
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Dr. Bernhard Haidn
Technische Universität München
Institut und Bayerische Landesanstalt für
Landtechnik
Abteilung Bauwesen und Technik in der
Tierhaltung
Vöttingerstr. 36
85350 Freising

Dr. Eberhard Hartung
Universität Hohenheim
Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Tierproduktion
und Landwirtschaftliches. Bauwesen
Garbenstr. 9
70599 Stuttgart

Prof. em. Dr. Hermann J. Heege
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Ing. Jos Hendriks
Catholic University of Leuven
Laboratory of Agricultural Buildings Research
Kardinaal Mercierlaan 92
B-3001 Heverlee
Belgien

Dr. Dirk Hesse
FAL
Institut für Landwirtschaftliche Bauforschung
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Dipl.-Ing. Bernhard Hörning
Universität Gesamthochschule Kassel
Fachgebiet Nutztierethologie und artgerechte
Tierhaltung
Nordbahnhofstr. 1a
37213 Witzenhausen

Dr. Dorothee Holste
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Wim Houwers (BSc)
IMAG-DLO, Institut für Umwelt- und Agrartechnik
CENTRUM TECHNIEK
P.O. Box 43
NL-6700 AA Wageningen
Niederlande

Dr. Thomas Hügle
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Ir. A. H. Ipema
DLO-Institute of Agricultural and Environmental Research
(IMAG-DLO)
P.O. Box 43
NL-6700 AA Wageningen
Niederlande

Prof. Dr. Edmund Isensee
Universität Kiel
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Dr. Ute Jaggy
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Landtechnik
Braugasse 7
35390 Gießen

Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Jeß
Fachhochschule Kiel
Fachbereich Landbau
Am Kamp 11
24783 Osterrönfeld

Prof. A.A. Jongebreur
IMAG/DLO
Mansholtlaan 10-12
6700 AA Wageningen
Niederlande

Prof. Dr. Thomas Jungbluth
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Garbenstr. 9
70599 Stuttgart

Dr. sc. Heino Kask
Estnische Landwirtschaftsuniversität
Abteilung Tierhaltung
Kreutzwaldstr. 1
EE 2400 Tartu
Estland

Prof. Dr. Otto Kaufmann
Humboldt Universität zu Berlin
Institut für Angewandte Nutztierwissenschaften
Fachgebiet Technik in der Tierhaltung
Philippstr. 13
10115 Berlin

Ing. agr. ETH Robert Kaufmann
Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT)
CH-8356 Tänikon b. Aadorf
Schweiz

Dipl.-Ing. agr. Margret Keck
Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT)
CH-8356 Tänikon b. Aadorf
Schweiz

Dr. Karl Kempkens
Landwirtschaftskammer Rheinland
Endenicher Allee 60
53115 Bonn

Heli Kiiman
Estnische Landwirtschaftsuniversität
Abteilung Tierhaltung
Kreutzwaldstr. 1
EE 2400 Tartu
Estland

Dipl.-Ing. agr. Michael Klindtworth
Technische Universität München
Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
85354 Freising

Dipl.-Ing. Fred Koch
Landwirtschaftskammer Hannover
Johannssenstr. 10
30159 Hannover

Dr. Hans-Heinrich Kowalewski
Landwirtschaftskammer Weser-Ems
Mars-la-Tour-Str. 1-13
26121 Oldenburg

Dr. Karl-Heinz Krause
FAL
Institut für Biosystemtechik
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Ir. Arthur Lippus
Metis Business Innovation
Postbus 415
3990 GE Houten
Niederlande

Dr. H. Macke
Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft
der Georg-August-Universität Göttingen
Driverstr. 22
49377 Vechta

Dipl.-Ing. agr. Ulf Maroske
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Landtechnik
Braugasse 7
35390 Gießen

Børge Mortensen
The National Committee for Pig Breeding, Health and Production
Danske Slagterier
Axelborg, Axeltorv 3
DK-1609 Copenhagen V
Dänemark

Dipl.-Ing. agr. Stefan Neser
Technische Universität München
Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
85350 Freising

Prof. Dr. In-Hwan Oh
College of Natural Sciences, Kon-Kuk-University
Department of Agricultural Machinery Engineering
322 Danwoldong
Chungju 380-701
KOREA,

Ove Olsson
Swedish Animal Health Service
Bosjöhill
Sätofta
S-243 93 HÖÖR
Schweden

Prof. Dr. Georg Otto
Institut für Agrartechnik Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Dr. Dragan V. Petrovic
Faculty of Agriculture
Institute of Agricultural Mechanisation
Nemanjina 6
Y-11080 Zemun
Jugoslawien

Dr. Heinrich Pirkelmann
Bayerische Landesanstalt für Tierzucht
Prof. Dr. Dürrwächter-Platz 1
85568 Poing

Frank Preiß
FAL
Institut für Landwirtschaftliche Bauforschung
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Ass. Prof. Dr. Dimitar Radev
University of Rousse
Department of Electrical Engineering
8 Studentska Street
BUL-7017 Rousse
Bulgarien

Dr. Jens-Peter Ratschow
Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe
Schorlemer Str. 26
48143 Münster

Dipl.-Ing. agr. Andreas Schaal
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Landtechnik
Braugasse 7
35390 Gießen

Prof. Dr. Klaus Schäfer
Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung
Kreuzeckbahnstr. 19
82467 Garmisch-Partenkirchen

Dipl.-Ing. agr. Silvia Schattner-Schmidt
Technische Universität München
Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
85350 Freising

Dipl.-Ing. Petra Schatz
Universität für Bodenkultur
Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik
Peter-Jordan-Str. 82
A-1190 Wien
Österreich

Prof. Dr. Günther Schauberger
Veterinärmedizinische Universität Wien
Institut für Medizinische Physik, Abt. Biometeorologie
Josef-Baumann-Gasse 1
A-1210 Wien
Österreich

Dipl.-Ing. agr. Ralf Schlauderer
Institut für Agrartechnik Bornim e.V.
Abteilung Technikbewertung und Stoffströme
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Dipl.-Ing. agr. Sybille Schmidt
Universität Hohenheim
Institut für Tierernährung
70593 Stuttgart

Prof. Dr. Hermann Seufert
Universität Gießen
Institut für Landtechnik
Braugasse 7
35390 Gießen

Dipl.-Ing. agr. Volker Siemers
Forschungs- und Studienzentrum für
Veredelungswirtschaft
der Georg-August-Universität Göttingen
Abt. Verfahrenstechnik
Driverstr. 22
49377 Vechta

Dr. Ir. Bart Sonck
CLO-Research Station of Agricultural Engineering
Animal Housing and Farm Management
Department
Van Gansberghelaan 115
9820 Merelbeke
Belgien

Dr. Jaroslav Šottník
Research Institute of Animal Production
Hlohovská 2
SL-949 92 NITRA
Slovakei

Lars Stubbe
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Prof. Dr. László Tóth
Gödöllo University of Agricultural Sciences
Faculty of Agricultural Engineering
Dep. of Agrienergetics and Food Engineering
H 2100 Gödöllo, Páter K. u. 1
Ungarn

Dr. Hardwin Traulsen
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein,
Rationalisierungskuratorium Landwirtschaft
Am Kamp 13
24783 Osterrönfeld

Dr. Fritz-Wilhelm Venzlaff
Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und
Tierhaltung Ruhlsdorf/Groß Kreutz e.V.
Abt. Schwein/Kleintiere
Dorfstr. 1
14513 Teltow/Ruhlsdorf

Ir. Erik Vranken
Catholic University of Leuven
Laboratory of Agricultural Buildings Research
Kardinaal Mercierlaan 92
B-3001 Heverlee
Belgien

Dr. Ute Wanka
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland
Am Park 3
04886 Köllitsch

Cord Weidenhöfer
Forschungs- und Studienzentrum für
Veredelungswirtschaft
der Georg-August-Universität Göttingen
Abt. Verfahrenstechnik
Driverstr. 22
49377 Vechta

Min R Dr. Alois Weidinger
Bayerisches Staatsministerium
für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Ludwigstr. 2
80539 München

Dr. Georg Wendl
Technische Universität München
Institut und Bayerische Landesanstalt für
Landtechnik
Freising-Weihenstephan
85350 Freising

Dr. Hermann Worstorff
TUM/FML-Weihenstephan
Institut für Physiologie
Vöttinger Str. 45
85354 Freising

Dr. Wilhelm Zähres
Landwirtschaftskammer Rheinland
Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung
Haus Riswick
47533 Kleve