

# BAU UND TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZTIERHALTUNG

Beiträge zur 1. Internationalen Tagung vom  
16. und 17. März 1993 in Gießen



JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN  
INSTITUT FÜR LANDTECHNIK

mit Unterstützung von

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE VDI  
VDI-GESELLSCHAFT AGRARTECHNIK

MAX-EYTH-GESELLSCHAFT FÜR AGRARTECHNIK

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN  
DER LANDWIRTSCHAFT

---

Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen

Gießen 1993

Wandel

**UNIVERSITÄT HOHENHEIM**  
Institut für Agrartechnik 440b  
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme  
70593 Stuttgart

**Prof. Dr. T. Jungbluth**  
apl. Prof. Dr. Eva Gallmann



# **BAU UND TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZTIERHALTUNG**

Beiträge zur 1. Internationalen Tagung vom  
16. und 17. März 1993 in Gießen



**JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN  
INSTITUT FÜR LANDTECHNIK**

mit Unterstützung von

**VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE VDI  
VDI-GESELLSCHAFT AGRARTECHNIK**

**MAX-EYTH-GESELLSCHAFT FÜR AGRARTECHNIK**

**KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN  
DER LANDWIRTSCHAFT**

---

Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen

Gießen 1993

Die 1. Internationale Tagung "Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" fand am 16. und 17. März 1993 in der Aula der Justus-Liebig-Universität Gießen statt. Der Tagung ging am 15. März 1993 eine halbtägige Exkursion voraus.

Für die in diesem Tagungsband veröffentlichten Beiträge sind die Autoren sowohl inhaltlich als auch für das Layout verantwortlich.

Institut für Landtechnik (Hrsg.): Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 1. Internationalen Tagung vom 16. und 17. März 1993 in Gießen

Anschrift: Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität, Braugasse 7, D-35390 Gießen.

Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen.

ISBN 3-928563-62-9

© 1993 Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck  
Sudetenstraße 31  
D-35428 Niederkleen  
Tel.: 06447/1224

Redaktion: PD Dr. F.-J. Bockisch, Dr. B. Friebe

Gesamtherstellung: Offset Köhler KG • D-35396 Gießen-Wieseck

## Vorwort

Die erste internationale Fachveranstaltung einer neuen vom VDI, der MEG und dem KTBL unterstützten Tagungsreihe zum Thema „Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ am 16. und 17. März 1993 in Gießen hat sich auf die wirtschaftlichen Anforderungen und Umbrüche mit den damit verbundenen ökologischen Problemen, aber auch auf die beschleunigten technischen Fortschritte einstellen müssen.

Die agrarpolitischen Rahmenbedingungen begrenzen in vielen Betrieben mit Milchvieh- und Schweinehaltung den Handlungsspielraum für die Tierproduktion. Dadurch werden notwendige Investitionen in Bau und Technik erschwert. Im letzten Jahrzehnt sind andererseits große Fortschritte bei der Anwendung tiergerechter Haltungsformen mit Hilfe von angepaßten Techniken erzielt worden.

Mit einem besseren Wissen um die engen Wechselbeziehungen zwischen Tier und „gebauter Umwelt“ läßt sich der überzeugende Nachweis führen, daß eine den Verhaltensweisen von Nutztieren entgegenkommende planerische Zuordnung und bauliche Detailausführung einschließlich der Mechanisierung von Versorgung, Produktgewinnung und Entsorgung in den Stallanlagen auch ökonomisch sowie arbeitswirtschaftlich möglich ist.

Die Beiträge in diesem Tagungsband beschäftigen sich mit dem neuesten Stand der Entwicklungen und berücksichtigen ebenso die Erfahrungen in den neuen Bundesländern Deutschlands.

Rückblickend auf die in den vergangenen drei Jahrzehnten stattgefundenen Strukturveränderungen und Umorientierungen bei der Haltung von Nutztieren mit der Entwicklung kompletter Stallsysteme durch eine effiziente baugebundene Maschinenteknik und der davon beeinflussten Stall- und Bergeräume zeigt auch, welche Bedeutung die Einrichtung von Bau und Technik, also die funktionelle Seite des landwirtschaftlichen Bauwesens als akademisch-wissenschaftliches Fachgebiet besitzt. Einst Anfang der 60er Jahre in Weihenstephan begonnen, ist dieses Fachgebiet inzwischen fester Bestandteil an allen Landtechnik-Instituten Deutschlands geworden.

Die Wertschöpfung aus der tierischen Veredelungswirtschaft ist nach wie vor so bedeutend, daß nunmehr in regelmäßigen Abständen von zwei Jahren vor allem auch wegen der agrarischen Strukturveränderungen und der Umorientierung in vielen Landwirtschaftsbetrieben über die Einrichtung zur Haltung von Nutztieren berichtet werden soll.

*Prof. Dr. H. Eichhorn*



## Inhaltsverzeichnis

EICHORN, H.: Landwirtschaftliche Wirtschaftsgebäude und Tierhaltungssysteme im Wandel der Zeit .....	7-19
SEUFERT, H.: Prinzipielle Auswirkungen einschlägiger Gesetzgebung auf die Wettbewerbsstabilität der Nutztierhaltung in der BRD .....	21-34
BRUNSCH, R., GURK, S. & O. KAUFMANN: Multigasmonitoring als Beitrag zur Bewertung der Umweltrelevanz von Verfahren der Tierhaltung .....	35-43
BÖSCHER, W., JUNGBLUTH, T. & M. KERN: Untersuchungen zum Anlernverhalten von Jungkälbern an prozeßrechnergesteuerten Tränkeautomaten .....	45-53
PIRKELMANN, H., FRIEDAG, E. & S. HÖRMANSDORFER: Vergleich der Einzelhaltung von Saugkälbern zur Gruppenhaltung mit Frühgewöhnung an den Tränkeautomaten .....	55-65
LINDEMANN, E., KROCKER, M. & J. KOTENBEUTEL: Kälberaufzucht an Tränkeautomaten in einem großen Milchviehbetrieb .....	67-73
BOCKISCH, F.-J. & H.-D. GRÜNDER: Bedeutung der Laufgangausführung in Kuhställen hinsichtlich Tiergesundheit und Tierleistung .....	75-86
HESSE, D. & B. KUKOSCHKE: Vergleich von Einstreuverfahren zur Mastschweinehaltung .....	87-96
JAKOB, P., KAUFMANN, R. & M. WIELAND: Die einstreuarmer Haltung von Mastschweinen im nichtwärmegedämmten Offenfrontstall .....	97-105
OLDENBURG, J.: Nuckel-Abruffütterung bei Mastschweinen .....	107-118
HEINRICHS, P. & J. OLDENBURG: Auswirkungen einer proteinoptimierten Fütterung auf die Stickstoffbilanz in der Schweinemast (erste Versuchsergebnisse) .....	119-126
KNECHTGES, H.: Optimierung des Rührwerks und der Anlagensteuerung von Flüssigfütterungsanlagen .....	127-142
KRAUSE, K.-H.: Strömungsvorgänge in Tierhaltungssystemen .....	143-152
HÖRNIG, G., MÜLLER, H.-J. & M. TÜRK: Emissionsarme, artgerechte Haltung von Mastschweinen in größeren Beständen .....	153-161
LEHMANN, B., SCHÜRZINGER, H., KIESSLING, B., HUBER, S., BOXBERGER, J. & T. AMON: Einfluß von Klimafaktoren und Flächenangebot auf die Nutzung eines Auslaufes durch Milchkühe .....	163-174
MANNEBECK, D. & T. HÜGLE: Biofilter als Bestandteil raumluftechnischer Anlagen .....	175-184

KOPP, H. G.: Rechnergestützte Klimatisierung in der Tierproduktion - Entwicklung verfahrenstechnischer und ökonomischer Grundlagen mit Hilfe eines Simulationsmodells .....	185-192
WENDL, G., WENDLING, F. & J. FRÖHLICH: Vernetzung von Betriebs- computer und Prozeßrechner - Aufgabenverteilung, Konzepte und Realisierung in der Tierhaltung .....	193-206
KLEMENT, G. & H.-P. SCHWARZ: Gruppenbildung im Rein-Raus-Verfahren im Abferkelstall und Multisuckling kein Widerspruch - Lösungs- variante für Altgebäude .....	207-214
KESZTHELYI, T.: Probleme bei der Privatisierung von Tierhaltungsan- lagen in Ungarn .....	215-221
BREHME, U.: Modernisierung von Typenställen und Angebotsprojekten - Voraussetzung für eine effektive Milchproduktion in den neuen Bundesländern .....	223-236
BERKNER, F.: Planungsprobleme bei Stallanlagen für die Schweine- produktion in den neuen Bundesländern und Lösungsvarianten.....	237-244
PIOTROWSKI, J.: Zusammenfassendes Schlußwort .....	245-249
Teilnehmerliste: .....	251-257

# Landwirtschaftliche Wirtschaftsgebäude und Tierhaltungssysteme im Wandel der Zeit

Horst Eichhorn

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude sind Produktionsmittel, deren Anschaffungs- und Unterhaltungskosten für die Rentabilität eines Betriebes von entscheidender Bedeutung sind. Die ursprünglich wichtigste Aufgabe, Hülle und Schutz zu sein für Vieh und Vorräte ist zwar erhalten geblieben, als Betriebsmittel berühren Stall- und Bergeräume jedoch heute mehr als früher nahezu alle Betriebszweige. Jahrhundertlang richteten sich Anordnung und Nutzung der bäuerlichen Gehöfte nach der Arbeitsverfassung einer im wesentlichen durch die Selbstversorgung bestimmten Wirtschafts- und Sozialstruktur. Eine vielseitige Erzeugungsleistung wurde angestrebt. Hilfskräfte standen jeder Betriebsgröße zur Verfügung und es ging darum, in den Gebäuden neben den Tieren vor allem genügend Winterfutter und die gesamte Getreideernte unterzubringen (Abb. 1). Handarbeit, unterstützt durch tierische Zugkraft waren die Kennzeichen der Arbeitsverfassung. Wo Gelände oder Gewohnheiten es wollten, erleichterte die Hocheinfahrt das deckenlastige Lagern.

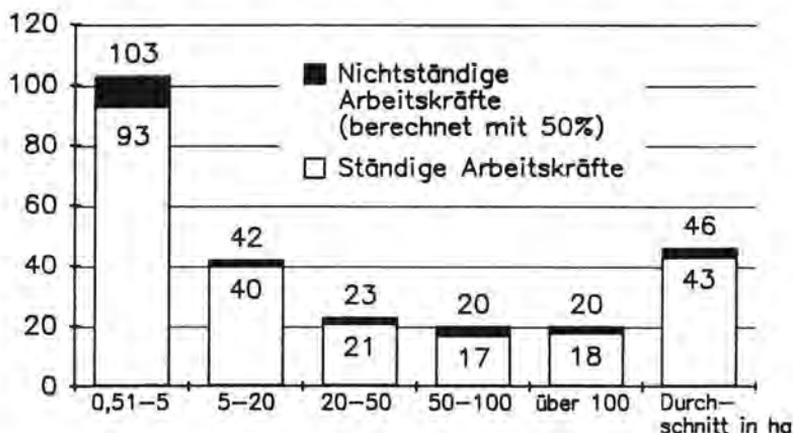


Abb. 1: Der Besatz mit Arbeitskräften in verschiedenen Betriebsgrößen der westdeutschen Landwirtschaft (je 100 ha landwirtschaftliche Nutzfläche, 1949) [nach HEUSER und OLSEN, 1951]

In seinen Ausführungen über alte deutsche Bauernhäuser spricht TIEDE von der Verwachsenheit des Hauses mit der landwirtschaftlichen Umwelt beim bäuerlichen

Anschrift des Autors: Prof. Dr. Horst Eichhorn, Justus-Liebig-Universität, Institut für Landtechnik, Braugasse 7, 35390 Gießen.

Menschen früherer Tage. Das Gebäude hatte jedoch wenig Beziehungen zu den Arbeitsvorgängen in der Außenwirtschaft. Die allmählich aufkommenden einfachen technischen Hilfsmittel wurden an die vorhandene Bauform in den unterschiedlichen Hauslandschaften angepaßt; der im vorigen Jahrhundert verbreitete Dreschgöpel oder die später eingeführten Heuaufzüge stellen solche Beispiele dar.

Diese von einem hohen Arbeitsbedarf gekennzeichnete Wirtschaftsweise (Abb. 2) änderte sich mit dem Einzug der Technik auf dem Lande nachhaltig. Zum Ersatz abgewanderter, teuer gewordener Arbeitskräfte, aber auch zur Förderung der Schlagkraft bei der Arbeitserledigung wurde zunächst die Außenwirtschaft von einer sprunghaften Mechanisierung erfaßt. Die Innenwirtschaft, hauptsächlich an alte Gebäude gebunden, widersetzte sich dagegen noch länger einer umfassenden Technisierung.

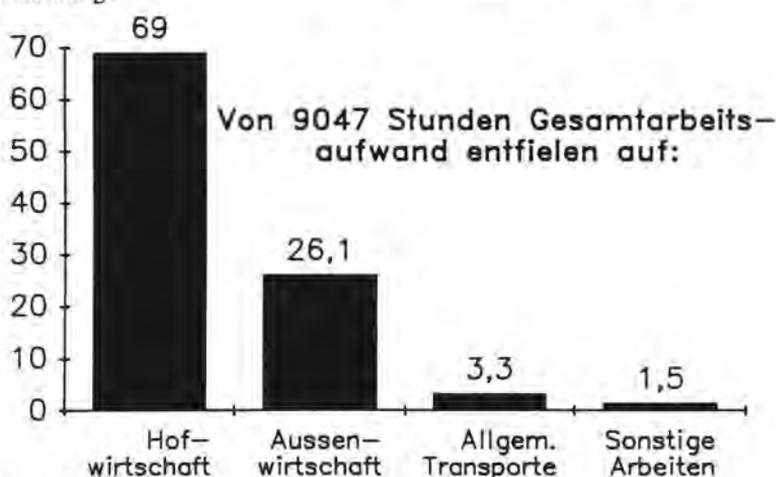


Abb. 2: Gliederung des Arbeitsaufwandes in einem Futterbaubetrieb von 15 ha (Eifel - 1949/50) [nach HEUSER und OLSEN, 1951]

Die Vergrößerung der Viehbestände erforderte jedoch bald auch bessere Arbeitsverfahren in zweckmäßigeren Gebäuden. Die davon ausgehende Neuorientierung der Stallwirtschaft mit Kurzständen und Flüssigentmistung, bald auch Laufställen mit Liegeboxen für Kühe, Vollspaltenlaufställe für Mastbullen sowie Einzelhaltung von Sauen ist ein bedeutender Abschnitt der großen arbeitswirtschaftlichen Wandlung gewesen, die sich in der westdeutschen Landwirtschaft seit nunmehr vier Jahrzehnten vollzieht. So veränderte sich das Verhältnis der Investitionen Innen- zur Außenwirtschaft bereits in der ersten Phase von 1 : 3 im Jahre 1950 auf 1 : 1,5 im Jahre 1963.

Damit wird deutlich, mit welcher Intensität dieser Prozeß der Modernisierung in der Innenwirtschaft in dieser relativ kurzen Zeitspanne stattgefunden hat. Es ist zwar schon einmal in den 20er und 30er Jahren versucht worden, die Hofwirtschaft mit Hilfe der damaligen technischen Ausrüstung zu rationalisieren und zu begradigen.

Der ENDRES'SCHE Sparhof von 1925 (Abb. 3) oder die in den 50er Jahren diskutierten Greifer- und Häckselhöfe sind Beispiele aus vielen ähnlichen Versuchen.

## Endres - Hof 1920 - 1930

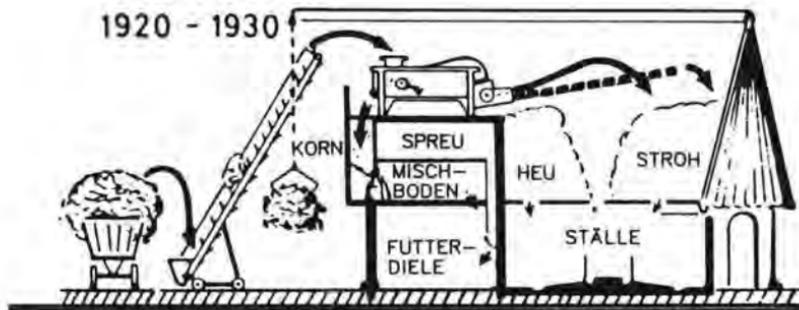


Abb. 3: Im Dachfirst angeordneter Drescher mit Presse [nach Prof. BRENNER, 1969].

Ein nachhaltiger Erfolg war allen diesen Vorschlägen nicht beschieden, aber es war ein erster Anlauf, in gradlinigeren Arbeitsketten für einen möglichst ungebrochenen Materialfluß zu denken und technische Maßnahmen mit besserer Gebäudegestaltung in Beziehung zu bringen. Mit der vollständigen Mechanisierung zusammenhängender Arbeitsabläufe, wie sie sich etwa bei der Getreideernte durch den Mähdrusch oder bei der Futterernte durch hochmechanisierte Verfahren einführten, entstanden Arbeitsketten, deren Endglieder bis auf den Hof hineinreichten und auch dort konsequente Lösungen verlangten (Abb. 4).

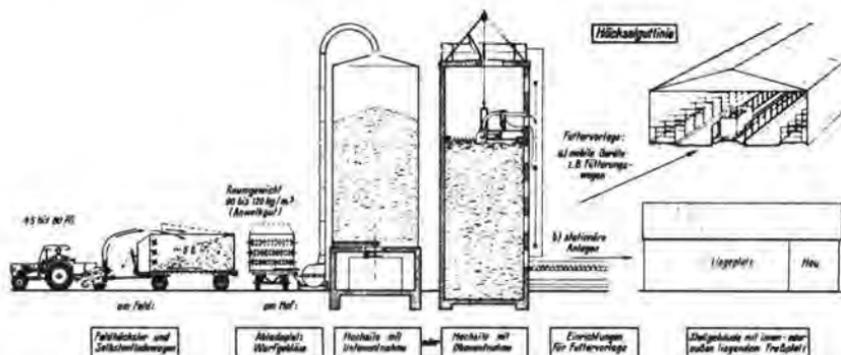


Abb. 4: Einfluß der Mechanisierung der Futterwirtschaft auf die Betriebsgebäude am Beispiel der Futterernte mit Feldhäcksel und Gärfutterhochsilos (~ ab 1965).

Es galt also ab den 60er Jahren nicht so sehr die Gebäude handarbeitsgerecht, als vielmehr maschinengerecht zu planen. *sondern tiergerecht*

Freitragende Hallenkonstruktionen oder an die Futterachsen gestellte Stützen gingen in gebaute Beispiele sinnvoller Neuplanung und in die Umgestaltung vorhandener Bausubstanz vor rund 30 Jahren ein, da hier die Unterbringung neuerer Produktionstechniken am leichtesten zu ermöglichen war.

Eine Rationalisierung im landwirtschaftlichen Bauwesen wurde im Wesentlichen über die Lohnextensität, der Herstellung hoher Stückzahlen und schließlich von der Auswahl richtiger Materialien bzw. der richtigen Kombination der Materialien angegangen. Der zunehmende Anteil der Inneneinrichtung an der Gesamtinvestition reduzierte die Chancen, über das Bauverfahren Einsparungen zu erzielen. Es ist eine Tatsache, daß der zweckmäßige Innenausbau wesentlich mitentscheidend wird, wie teuer zukünftige Produktionsverfahren in der Tierhaltung angeschafft werden müssen. Diese Erkenntnisse verdichteten sich in der Zeit zwischen 1960 und 1970 mit dem Ziel, die Baukosten wenigstens zu stabilisieren. Hinzu kamen die Bemühungen um achsengerechte Zuordnung von Gärfuttersilos, Heutürmen, Getreidesilos einschließlich Dungstätten und Flüssigmistbehälter als Vorbedingung für den ungehinderten Arbeitsablauf mit funktionstragender Eingliederung technischer Hilfsmittel beim Einlagern, Entmisten und innerbetrieblichen Transportieren. Genügend groß gewählte Ablade- und Entnahmestellen wurden dabei praktisch als Drehscheibe zwischen Innen- und Außenwirtschaft angesehen, da an dieser Stelle die Ketten der Feldarbeitsverfahren mit den Gliedern der Hofmechanisierung zusammengefügt werden (Abb. 5).

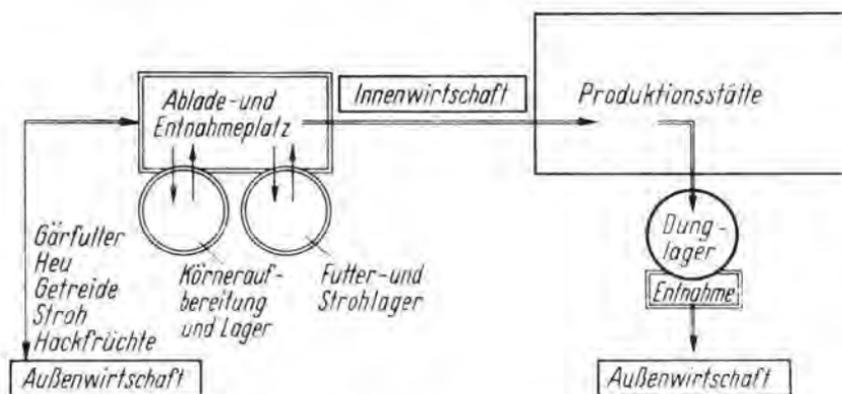


Abb. 5: Ablade- und Entnahmestellen wurden Bindeglieder zwischen Hof- und Feldwirtschaft.

Daraus ergaben sich Leitbilder zunächst für die Milchviehhaltung wie etwa der raumsparende Liegeboxenlaufstall, umgeben von einem geschlossenen Kranz der notwendigen technischen Einrichtungen (Abb. 6). Es ist für dieses Beispiel der Wechselbeziehungen zwischen Landtechnik und Gebäuden kennzeichnend, daß die Verfahrensketten durch das Gebäude hindurch gehen und die Aufstallung schließlich

den Angelpunkt aller technischen Vorgänge bildet. Der Liegeboxenlaufstall für Milchkühe war nach Untersuchungsergebnissen im In- und Ausland eine der bedeutendsten Entwicklungen im Stallbau der damaligen Jahre und ist es nach weiteren Verbesserungen im Detail bis heute geblieben.

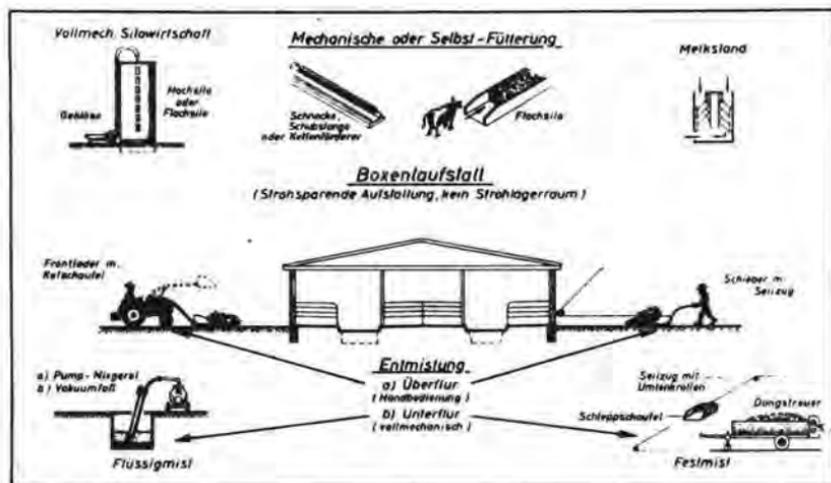


Abb. 6: Mechanisierungslösungen um den Boxenlaufstall (- ab 1965).

Nur wenig später begannen ebenso radikale Umstellungen in der Schweinehaltung. Die Sauen wurden wegen besserer Ferkelaufzuchtergebnisse und Steigerung der Arbeitsproduktivität (Halbierung der Lohnkosten bei nur noch 15-20 AKh je Sau und Jahr) einzeln in Kasten- oder Anbindeständen aufgestellt und in drei bzw. vier Haltungsstufen unterteilt. Für Mastschweine erfolgte die Einführung einstreuloser Gruppenbuchten mit Teil- oder Vollspaltenböden und Flüssigentmischung. Die Quantifizierung von unterschiedlichen Einflußfaktoren auf die Stallumwelt wie Ausführung und Bemessung der Stalleinrichtung, des Stallklimas (Temperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Schadgaskonzentration etc.), von tiergerechten Haltungssystemen, Management usw. erlangte außerordentliche Bedeutung (Abb. 7).

Diese mit straffen Raum- und Funktionsprogrammen gekennzeichneten Lösungen, die man nach Landzettel und Piotrowski geradezu als „Stallmaschinen“ ansprechen konnte, prägten unangefochten rund zwei Jahrzehnte lang das Bild der spezialisierten Rinder-, Schweine- und Hühnerhaltung. Bald aber beeinflussten mit zunehmender Stärke die sich in Westeuropa verändernden agrarpolitischen Bedingungen sowie die kritische Haltung der urbanen Bevölkerung zur intensiven Tierhaltung erneut die Konzeption von Technik und Stallgebäude auf den Höfen und begrenzten zunehmend den Handlungsspielraum für die Tierproduktion.

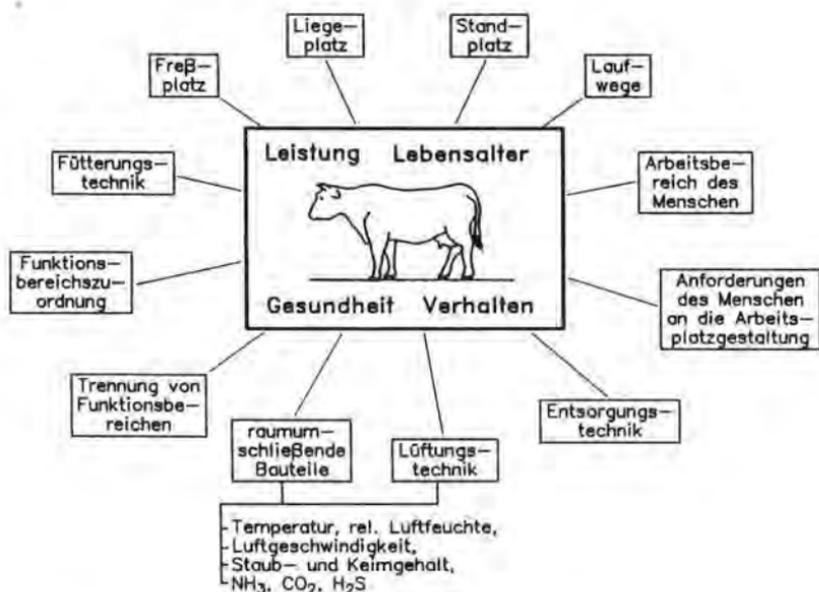


Abb. 7: Kriterien für eine erfolgreiche Nutztierhaltung [BOCKISCH, 1990]

Mehr als 20 Gesetze und Verordnungen vom Tierschutzgesetz über Wasserhaushaltsgesetz und Bundesimmissionsschutzgesetz bis hin zum Naturschutz reglementieren die landwirtschaftliche Tierhaltung, belasten vertretbare Investitionen und erschweren nicht zuletzt die Baugenehmigungsverfahren. Auch der durch die Wiedervereinigung beschleunigte Strukturwandel im gesamten Bundesgebiet verlangt oftmals überstürzt völlig ungewohnte Planungs- und Ausführungskonzepte für die Standorte der Tierproduktion. In Ostdeutschland wurden die herkömmlichen Stallanlagen in den 60er und 70er Jahren verlassen und Einheiten für größere Tierbestände gebaut. Die Entwicklung zur industriemäßigen Landwirtschaft führte anschließend zu ausgedehnten und speziellen Gebäudekomplexen, die durch hoch mechanisierte Kompaktlösungen mit Boxenlaufställen für Milchkühe sowie dichtbelegten Schweineställen gekennzeichnet sind und heute vor großen Sanierungs- und Anpassungsproblemen stehen.

Bau und Technik haben sich auf diese vielfältigen Vorgaben in Zukunft einzustellen und trotz der gesetzgeberischen Auflagen muß versucht werden, die Produktionskosten durch gezielte Maßnahmen niedrig zu halten, wie an einigen wenigen aber typischen Beispielen für Milchvieh- und Schweineställe auszuführen ist.

Für Bestände oberhalb von 50 bis 60 Kühen gibt es keine Alternative zum Laufstall. Hygienische und arbeitssparende Milchgewinnung, Baukostensparnis (Leichtbauweisen mit Stützen im Stallbereich, Trauf- und Firstlüftung), Fütterungsvereinfachung, Arbeitsproduktivität, Arbeitssicherheit, längere Lebensdauer der Tiere,

bessere Fruchtbarkeit, bessere Haltungsbedingungen sprechen für die Laufstallhaltung von Milchvieh. Ein Vergleich des Investitionsbedarfs zwischen aufwendigen und kostengünstigen Boxenlaufställen sowie zum eingestreuten Zweiflächenstall ergibt bemerkenswerte Unterschiede (Abb. 8). Die Futtermittelfütterung mit Automaten und Identifizierung ermöglicht ein straffes Herdenmanagement. Eine weitere Einzeltierinformationserfassung geschieht am Melkplatz (Milchmengen, Körpertemperatur, Leitfähigkeit der Milch, Aktivität etc.) vernetzt mit der Futteraufnahme als fast vollständige Tier- und Gesundheitskontrolle. Der Produktionsrhythmus, die Versorgung und das Melken können in Zukunft mit Hilfe rechnergestützter Anlagen von der Kuh gesteuert werden (Abb. 9). Ein hoher Standard für die tiergerechte Milchviehhaltung ist von diesem praktikablen Automationsmodell zu erwarten.

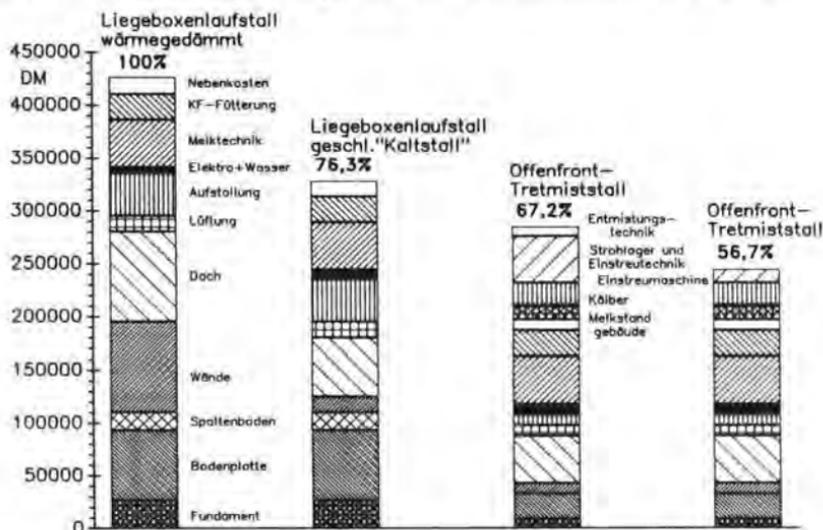


Abb. 8 Investitionsbedarf für Laufställe mit 40 Kühen und Nachzucht [BOXBERGER, erweitert nach NACKE, 1992].

Ähnlich wie seit vielen Jahren in Westdeutschland Systemställe existieren, sind in den neuen Bundesländern ebenso einige nach bewährten funktionalen Vorgaben geplante Kuhställe errichtet worden, die sich für Wiedereinrichter und Gemeinschaftsställe als Baukonzeption für unterschiedliche Herdengrößen eignen. Wegen reichlich vorhandener Bausubstanz in Ost- und Westdeutschland ist aber immer auch zu prüfen, ob diese zur erneuten intensiven Nutzung herangezogen werden kann. An einem 21 m breiten Gebäude ist mit dem Einpassen von verschiedenen Laufstallformen

nachzuweisen, daß alte, häufig leerstehende oder mit unproduktiven Aufstallungen versehene Wirtschaftsgebäude durchaus für eine zukunftsorientierte Tierhaltung berücksichtigt werden können. Neben dem klassischen Liegeboxenlaufstall passen Freiboxen auf das alte Profil des früheren 4-reihigen Anbindestalles (Abb. 10).

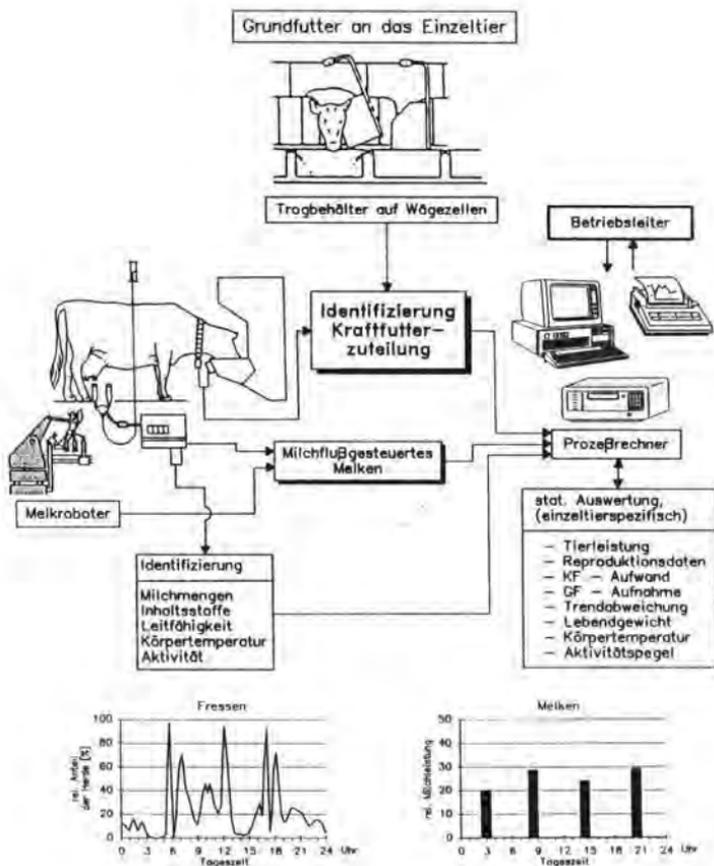


Abb. 9.: Prozeßsteuerung mit vom Tier bestimmten Rhythmus in der Milchviehhaltung - automatisches Füttern und Melken in Laufställen [ergänzt nach SCHÖN, 1992].

Interessant wegen wesentlich geringerer Umbaukosten ist der Zweiflächenlaufstall als Tretnistversion. Nach PIOTROWSKI benötigen eingestreute Ställe mit viel Stroh wenig Kapital, viel Arbeit, erlauben aber eine große Flexibilität im Gegensatz zum Liegeboxenstall mit Spaltenboden bei mehr Kapital, wenig Arbeit und nur geringen Anpassungsmöglichkeiten.

Bei wachsenden Rindern (Mastbullen, weibliches Jungvieh) bestehen noch große Abweichungen bei der Futteraufnahme und hinsichtlich täglicher Zunahme, selbst in offensichtlich homogenen Gruppen. Vermutlich wird auch hier eine Erkennungstechnik zur gezielten Einzeltiersversorgung und -kontrolle führen und die Haltung großer Rinder - einschließlich Mastbullengruppen - z. B. in Mehrraumlaufställen ermöglichen. Tränkeabrufstationen für Kälber besitzen in diesem Zusammenhang bereits Anwendungsreife für Praxisbetriebe. Gruppenhaltungsvarianten mit den erwähnten

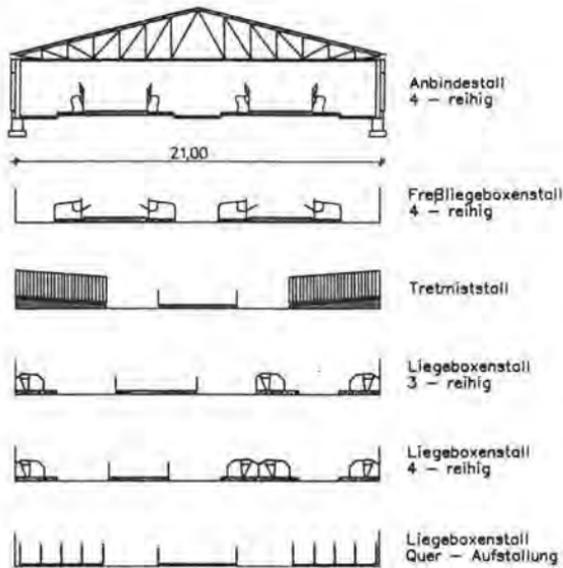


Abb. 10: Umbaulösungen für einen 4-reihigen 21 m breiten Milchvieh-Anbindestall [nach HARTMANN und BEBECK, 1992].

Versorgungseinrichtungen lassen auch eine flexible Grundrißgestaltung mit unterschiedlicher Stallbodenausführung zu und passen nicht zuletzt gut in die angestrebte Umnutzungsflexibilität von Wirtschaftsgebäuden.

Tierschutzaufgaben in der Schweinehaltungsverordnung erschweren die bisherige Anwendung der Einzelhaltung von Sauen ohne Auslauf und fördern Entwicklungen, die eine tierangepaßte Aufstallung von Sauen und Ferkeln in Großgruppen nach dem Prinzip „multisuckling“ ohne wesentliche Verringerung der Aufzuchtleistung ermöglichen sollen. Voraussetzung hierzu sind computergesteuerte Abruffütterungsanlagen, die sich bei der Versorgung von tragenden Sauen bewährt haben (Abb. 11). Einrichtungen zur automatisierten Kontrolle der Rausche und Trächtigkeit werden bei dieser Haltungweise erforderlich sein.

Dieses Stallsystem ist anpassungsfähig ebenso an vorhandene Bausubstanz, kann einstreulos, aber wesentlich investitionssparender auf bisherigen Stallprofilen mit Einstreu betrieben werden, wobei allerdings ein etwas höherer Arbeitszeitbedarf in Kauf genommen werden muß. Die flexible Gestaltung der Funktionsbereiche erlaubt uneingeschränkt die Gruppenhaltung für Bestände ab 50 bis 60 Sauen im 3-Wochenrhythmus. Daneben sind erneut Ansätze für eine nunmehr straff gegliederte Hüttenhaltung von Sauen zu erkennen.

Größere Mastschweinebestände begünstigen die Verwendung moderner Anlagentechnik (Abb. 12). Computergesteuerte Fütterungsanlagen stehen im Mittelpunkt der Bemühungen, mit speziellen Programmen die Masttiere in Gruppenbuchten mit nur 0,3 AKh je erzeugtes Mastschwein leistungsgerecht versorgen zu können.

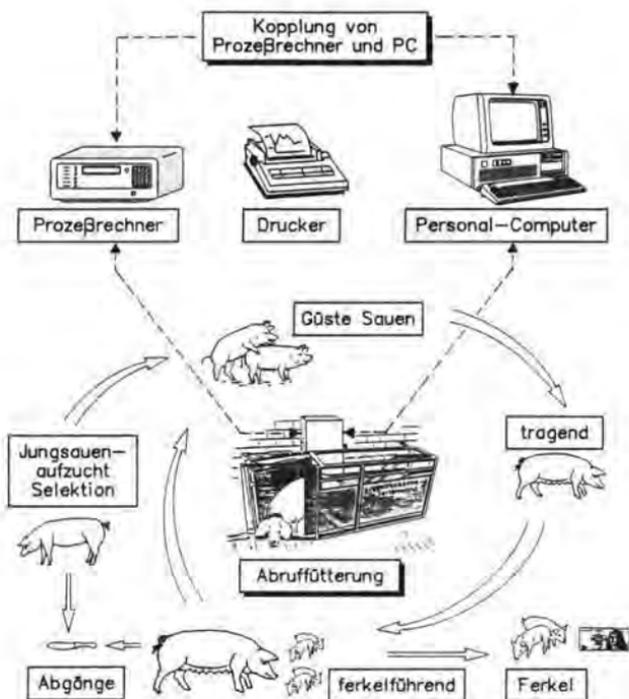


Abb. 11: Gruppenhaltung von Zuchtsauen im gesamten Reproduktionszyklus und Prozeßsteuerung über die tierindividuelle Futterzuteilung.

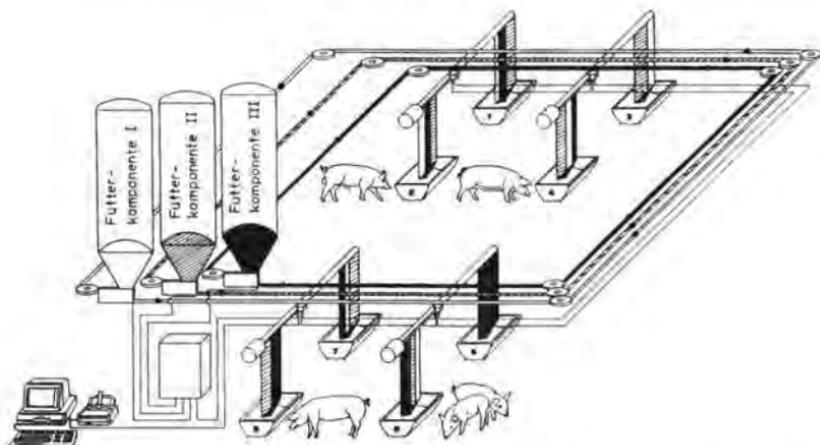


Abb. 12: Schema einer computergesteuerten Trockenfütterungsanlage mit Befeuchtung des Futters im Trog über Dosimat (nach Werkbild IBO).

Fütterungsversuche weisen nach, daß mit mehreren im Nährstoffgehalt abgestuften Futtermischungen eine wachstumsangepaßte Fütterung der Mastschweine in der Praxis nicht nur verfahrenstechnisch erfolgreich zu verwirklichen, sondern auch im Vergleich zu herkömmlichen, vereinfachten Mastverfahren ökonomisch lohnend durch Einsparung teurer Eiweißkomponenten und wegen geringerem N- und P-Eintrag in die Gülle auch ökologisch sinnvoll ist.

Die Wechselbeziehungen zwischen Futtermittelerwertung und Stallklima erfordern in Zukunft, daß eine im Gesamtsystem eingebaute Prozeßrechnersteuerung ein vom tierphysiologischen Optimum abweichendes Stallklima bei gleichbleibenden Leistungszielen durch erhöhte Futtergaben ausgleichen kann und umgekehrt (Abb. 13). Theoretische und experimentelle Simulationsmodelle für ein solches integriertes System sollen die Voraussetzungen schaffen für eine Einführung in die breite Praxis. Eine Verbesserung der Stallklimagestaltung hinsichtlich physiologischer, physikalisch-technischer und ökonomischer Kriterien ist eine wesentliche produktionsfördernde Aufgabe. Die heute benutzten und diskutierten Aufstallungsformen für Mastschweine umfassen Buchten mit Teilspaltenboden, Vollspaltenboden und Tiefstreustall, letzterer vor allem für Umbauten. Neben den schon vorhandenen ausgereiften Fütterungstechniken zur Phasenfütterung von Mastschweinen sind die Haltungsverfahren den administrativen Auflagen anzupassen. Die Tiererkennung über Injektate oder andere Kontaktflächen verspricht, wenn das Entsorgungsproblem gelöst ist, eine Entwicklung zu verfeinerten Kontroll- und Regelmechanismen.

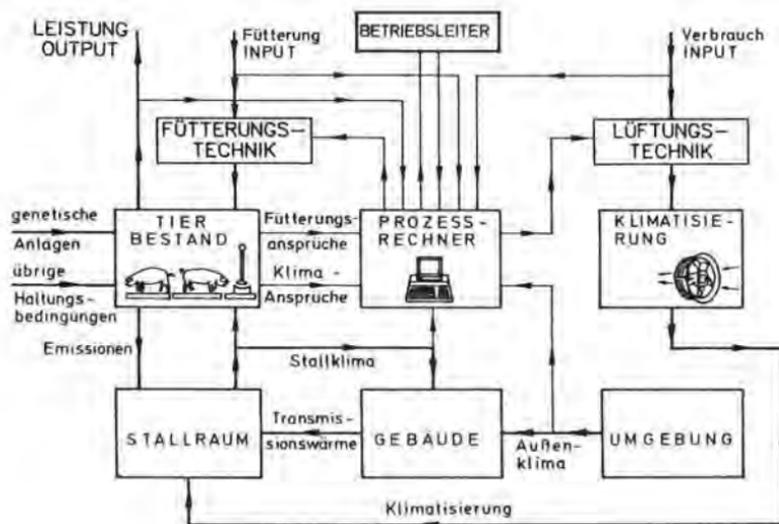


Abb. 13: Systemsynthese Stallklimatisierung - Gesamtsystem mit Prozeßrechnersteuerung.

## Schlußfolgerungen

Die Betrachtung einiger wesentlicher Entwicklungslinien bei Bau- und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung über die letzten Jahrzehnte hinweg bis zu den erfassbaren Tierhaltungssystemen der nächsten Zukunft läßt sich abschließend wie folgt zusammenfassen:

- Die Umstellung der seit Jahrhunderten eher statisch geprägten Hofwirtschaft auf eine spezialisierte Veredelungsproduktion führte als Folge der stürmischen Mechanisierung in der Feldwirtschaft zu technischen und baulichen Lösungen, die einen weitgehend reibungslosen Materialfluß und Arbeitsablauf gewährleisten.
- Die agrarpolitischen Rahmenbedingungen begrenzen in vielen Betrieben mit Milchvieh-, Schweine- und Hühnerhaltung den Handlungsspielraum für die Tierproduktion. Dadurch werden wirtschaftlich notwendige Investitionen in Bau und Technik erschwert, obwohl große Fortschritte bei der Anwendung tiergerechter Haltungsformen erzielt worden sind.
- Die Planung neuer Stallgebäude für Nutztiere in größeren Beständen muß sich auf die voraussehbare Wirtschaftsweise der nächsten Jahrzehnte mit dem Wissen um Alternativen und des tierangepaßten technischen Fortschritts einstellen. Dabei wird oftmals die Anwendung von Sensoren für elektronische Steuerungs- und Regelungsvorgänge zur Unterstützung der Tierkontrolle und Gesundheitsüberwachung eine systemimmanente Rolle spielen.
- Erkenntnisse dieser Art wurden nur möglich, weil fachübergreifende Forschung auf den verschiedensten Gebieten (Mechanisierung, Bauwesen, Tierhaltung, Tier- und Umweltschutz) die notwendigen Voraussetzungen dafür geschaffen hat, solche Zusammenhänge zu verstehen.

## Literatur

- BOCKISCH, F.-J. (1990): Quantifizierung von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren Haltungsumwelt als Grundlage zur Verbesserung von Stallsystemen und ihrer ökonomischen Bewertung. - MEG-Schrift 193.
- BOXBERGER, J., (1992): Naturnahe Haltungssysteme für Milchkühe. - KTBL-Arbeitspapier 167: 141-145.
- BRENNER, W. G. (1969): Ernte- und Dreschtechnik der Halmfrüchte. - In: FRANZ, G. (Hrsg.): Geschichte der Landtechnik im XX. Jahrhundert. DLG-Verlags GmbH, Frankfurt/M.: 306-337.
- EICHHORN, H. (1966): Wechselbeziehungen zwischen Landtechnik und Gebäuden. - Mitteilungen der DLG 81(1): 3-6.
- HARTMANN, W. und T. BEBECK (1992): Möglichkeiten der baulichen Umnutzung und Investitionsbedarf für Um- und Neubauten. - KTBL-Arbeitspapier 167: 202-206.

- HEUSER, O. E. und K. H. OLSEN (1951): Die Hofgestaltung landwirtschaftlicher Betriebe nach arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten. - Schriftenreihe der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode: (4).
- PIOTROWSKI, J. (1992): Arbeitsunterlagen Institut für Landwirtschaftliche Bauforschung Völkenrode: unveröffentlicht.
- SCHÖN, H. (1992): Zukunftsperspektiven der Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und des landwirtschaftlichen Bauwesens. - In: Agrartechnische Berichte Hohenheim: (23).
- SCHWARZ, H.-P. und G. KLEMENT (1992): Neueste Ergebnisse zur Gruppenhaltung von Sauen. - Schweinezucht und Schweinemast 40: 140-142.



## **Prinzipielle Auswirkungen einschlägiger Gesetzgebung auf die Wettbewerbsstabilität der Nutztierhaltung in der BRD**

**Hermann Seufert**

Mit der Produktion von Rohstoffen und Nahrungsmitteln erfüllt die Landwirtschaft lebensnotwendige Aufgaben für die Gesellschaft. Zur Erfüllung dieser zweifellos elementaren Aufgaben für die Gesellschaft ist die Landwirtschaft auf die Nutzung der Naturgüter Boden, Wasser und Luft angewiesen. Diese Nutzung zur Erzeugung elementarer Bedarfsgüter führt ebenso zweifellos zu einer Konkurrenzsituation zwischen sogenannten Agrarökosystemen und Naturökosystemen. In der Erkenntnis, daß die Landwirtschaft unsere schätzenswerte Kulturlandschaft geprägt hat und daß sie bei sachgerechter Anwendung modernster Techniken und Verfahren zunehmend schonender mit den Naturgütern umgehen kann, ist festzustellen, daß die heutige Landwirtschaft die berechtigten Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege mehr denn je berücksichtigen kann.

Aber kaum eine Woche vergeht, in der nicht die Landwirtschaft als einer der großen Umweltsünder an den Pranger gestellt wird. Diese zeitgeistgeborenen Vorwürfe, auch Angriffe machen den landwirtschaftlichen Unternehmern zunehmend zu schaffen, da gesellschaftspolitische Reaktionen auf derartige Darstellungen in den Medien letztlich in Gesetzestexten, Verordnungen und Richtlinien nicht zu übersehen sind.

Jeder Unternehmer kann an dem für ihn alles entscheidenden Marktgeschehen nur dann teilnehmen, wenn er Güter und Dienstleistungen anzubieten hat, welche die Umwelt zu ihrer Problemlösung von ihm erwartet. Die zielorientierten, unternehmerischen Aufgaben lauten: zweckgerichtete Planung, -Entscheidung, -Handlung und -Kontrolle. Sie spielen sich aber nicht in einem freien Raum menschlichen Handelns ab, sondern haben sich nach politisch-kulturellen Rahmenbedingungen auszurichten, die als Spielregeln zum Wohle der Allgemeinheit in Form von Gesetzen, Verordnungen etc. einzuhalten sind. Die Zulässigkeit von Lösungsalternativen im Sinne unternehmerischer Freiheit erfährt heute zunehmend Beschränkungen, wobei auch Sitten, Gebräuche und Wohlverhalten eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen.

Grundlage einer konstruktiven Auseinandersetzung im Konfliktfeld zwischen Landwirtschaft und Vertretern der Gesellschaft können nur allgemein verbindliche Rechtsvorschriften sein.

Sie gliedern sich nach EG-, Bundes- und Landesvorschriften. Über die verschiedenen Ebenen gesetzgeberischer Kompetenz wird der Landwirt spätestens im Verlauf praktischer Auseinandersetzungen in Konfliktsituationen zunehmend irritierter feststellen,

---

Anschrift des Autors: Prof. Dr. Hermann Seufert, Präsident des Hessischen Landesamtes für Regionalentwicklung und Landwirtschaft, 34117 Kassel

welch unterschiedliche Vorstellungen zum Begriff Landwirtschaft vorliegen und wie wenig präzise diskutiert wird. Je mehr aber die Landwirtschaft in Konflikte zu den vielfältigsten, auch komplexen Auseinandersetzungen, mit wem auch immer, hineingezogen wird, umso notwendiger wäre es, exakt gefaßte Begriffe verfügbar zu haben. Hilfesuchend vermutet, erwartet man die präziseste Begriffsbildung und ihre Verwendung in den einschlägigen Gesetzeswerken. An ihrer Zahl herrscht kein Mangel im Gegensatz zu den erwarteten präzisen Aussagen. Man stößt auf Begriffe wie Allgemeinwohl, erhebliche Beeinträchtigung, übliches Maß etc.. Nach Brockhaus (2) sind Begriffe, "die mit Wörtern verbundene abstrakte Vorstellung von Gegenständen; sie enthalten das Wesen der jeweiligen Sache". Je eindeutiger und praktikabler Begriffe ausfallen, umso brauchbarer sind sie für die menschliche Kommunikation ganz besonders in Rechtsauseinandersetzungen. Diesem Ziel widmet sich auch die DIN 320 (5), wo im Blatt 1 Begriffe umschrieben werden, als die planmäßige, unter Beteiligung aller jeweils interessierten Kreise gemeinschaftlich durchgeführte Vereinheitlichungsarbeit auf gemeinnütziger Grundlage. Sie erstrebt eine rationelle Ordnung und ein rationelles Arbeiten in Wissenschaft, Technik, Wirtschaft und Verwaltung.

Der Gesetzgeber entwickelt aus der Verknüpfung von Rechtstatsachen oder Sachverhalten mit Rechtsfolgen die von der jeweiligen parlamentarisch-demokratischen Mehrheit gewünschten Zielvorstellungen und bringt sie systemadäquat zum Ausdruck, schreibt Hagemann (7) in seinem lesenswerten Artikel zum Begriff der Landwirtschaft. Je höher der Bestimmtheitsgrad Landwirtschaft ausfiele, desto leichter und einheitlicher ließe sich dieses Leitbild in praktische Politik umsetzen. Je mehr man präzise Definitionen in landwirtschaftsrelevanten Gesetzen herauszuarbeiten versucht, umso mehr unbestimmte Gesetzesbegriffe treten in Erscheinung. (GAL-Altershilfegesetz, Gasölgesetz, Bundesimmissionsschutzgesetz, Abfallgesetz, Naturschutzgesetz, Flurbereinigungsgesetz, Wasserhaushaltsgesetz, Ernährungssicherungsstellungsgesetz, Grundstücksverkehrsgesetz, Raumordnungsgesetz, Baugesetzbuch, Baunutzungsverordnung) Selbst das Landwirtschaftsgesetz des Bundes vom 05.09.1955 hat ähnlich wie das Grundgesetz Art. 74 (landwirtschaftliche Erzeugung) wider Erwarten von jeder Art Begriffsdefinition Abstand genommen und setzt wohl eine gleichgerichtete Vorstellung von einem allgemeinen, offenbar nicht infrage zu stellenden Begriff von Landwirtschaft voraus. Man kann sich Hagemann (7) nur anschließen, wenn er schreibt: "Es ist zu hoffen, daß eine weitere Erörterung der Definition von Landwirtschaft oder Landbewirtschaftung in Gang kommt. An ihrem Ausgang sollte sich erweisen, daß die Veränderung der grundlegenden Gegebenheiten Stufe für Stufe auch zu einer präziseren und im Ergebnis eindeutigen Legaldefinition dessen gelangen kann, was wir heute unter Landwirtschaft verstehen müssen." In letzter Zeit stößt man vermehrt in Rechtsvorschriften auf Beschreibungen wie "gute fachliche Praxis" (s. § 6, Abs. 1 Pflanzenschutzgesetz) oder "Ordnungsgemäße Landwirtschaft" (§§ 1 und 8 Bundesnaturschutzgesetz, s. auch Abb. 3).

Der Zentrallausschuß der deutschen Landwirtschaft (ZDL) hat im Mai 1993 seine im Oktober 1987 verabschiedeten Ausführungen zur "ordnungsgemäßen Landwirtschaft" mit Aussagen zur Tierhaltung ergänzt, welche geeignet sind, das Begriffs-dilemma aufzulösen. Daraus sind folgende Passagen zitiert (10).

"Landwirtschaft ist die unter Einsatz von Arbeits- und Hilfsmitteln betriebene Bodenbewirtschaftung und die mit der Bodennutzung verbundene Nutztierhaltung, vor allem um pflanzliche und tierische Erzeugnisse zu gewinnen und anfallende Nebenprodukte wieder im natürlichen Kreislauf zu verwerten."

"Ordnungsgemäße Landwirtschaft umfaßt demzufolge diejenige Landbewirtschaftung, die dem jeweiligen agrarwissenschaftlichen Kenntnisstand entspricht und vom maßgeblichen Teil der landwirtschaftlichen Praxis in der BRD angewendet wird."

"Ordnungsgemäße Landwirtschaft umfaßt diejenige Tierhaltung, die dem jeweiligen wissenschaftlichen Kenntnisstand entspricht sowie vom maßgeblichen Teil der tierhaltenden Betriebe in der Bundesrepublik Deutschland angewendet wird. Diese Tierhaltung dient der wirtschaftlichen Erzeugung qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel und anderer tierischer Produkte. Zur Nutzung zählt auch die Haltung von Tieren zur Pflege der Kulturlandschaft sowie von Tieren für andere Nutzungszwecke. Halter und Betreuer von Tieren müssen über die notwendige Sachkunde verfügen.....".

Diesen Definitionen kommt im Zusammenhang mit den Landwirtschaftsklauseln im Bundesnaturschutzgesetz §§ 1 und 8 große Bedeutung zu, da hier auch von "ordnungsgemäßer Landwirtschaft" die Rede ist. Eine expertengestützte Verinnerlichung dieses Definitionsinhaltes zur ordnungsgemäßen Landwirtschaft führt zur Frage, warum man die Landwirtschaftsklauseln unbedingt aus dem Bundesnaturschutzgesetz entfernen will.

Auch die Umweltpolitik der EG greift immer stärker in die Landwirtschaft ein und führt zu weitreichenden Verboten und Beschränkungen. Der Umweltschutz gehört nicht zu den ursprünglichen in Art. 39 des EWG-Vertrages niedergelegten Zielen einer gemeinsamen Agrarpolitik, die sich lediglich auf landwirtschaftlichen Markt-, Struktur-, Einkommenspolitik und auf die Ernährungssicherung beziehen. Trotzdem läßt sich die EG-Agrarumweltpolitik bis zum Jahre 1973 zurückverfolgen. Eine endgültige Zusammenführung von Agrar- und Umweltpolitik ist im Grünbuch über die Perspektiven für die gemeinsame Agrarpolitik erfolgt, das die EG-Kommission im Jahr 1985 vorgelegt hat.

Die umweltpolitische Ausrichtung der Agrarpolitik ist beim Inkrafttreten der einheitlichen europäischen Akte am 1. Juli 1987 dadurch verstärkt worden, daß die Erfordernisse des Umweltschutzes ausdrücklich zum Bestandteil aller anderen Politiken und damit auch der gemeinsamen Agrarpolitik bestimmt worden ist. Seitdem hat die Gemeinschaft ihre umweltpolitischen Aktivitäten gerade im Hinblick auf die Landwirtschaft außerordentlich intensiviert. Die Umweltpolitik bedient sich dabei auch des Instrumentariums der Beihilfe, die zunächst mit der Agrarstrukturpolitik verknüpft war (siehe Bergbauernrichtlinien 1975, Effizienzverordnung 1985). Mit der EG-Verordnung vom 30.06.1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren hat sich eine eigenständige Agrar-Beihilfenpolitik der Gemeinschaft entwickelt, die sich von ihrer Verbindung mit der Agrarstrukturpolitik gelöst hat.

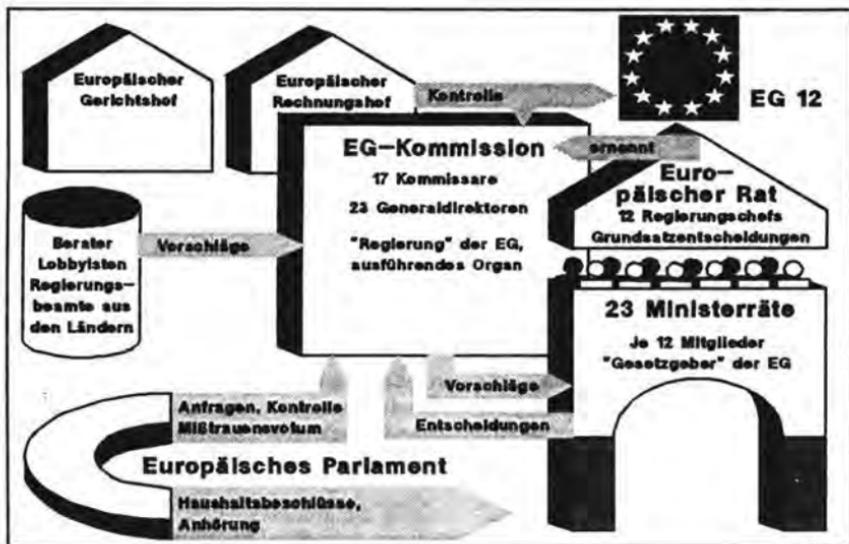


Abb. 1: Die vielfältigen Einflüsse auf die EG-Entscheidungen

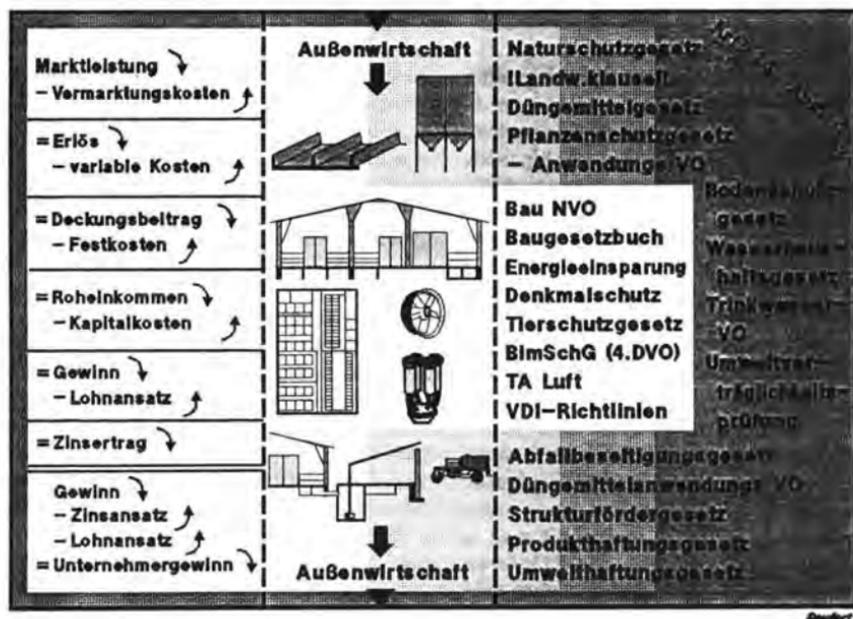


Abb. 2: Auswirkungen einschlägiger Gesetze auf betriebswirtschaftliche Erfolgskriterien in der Landwirtschaft

Für landwirtschaftsrelevante Maßnahmen der Umweltpolitik kommen sowohl die agrarpolitische Kompetenz nach Art. 43 des EWG-Vertrages, als auch die umweltpolitische Kompetenz nach Art. 130 des EWG-Vertrages in Betracht. Der Wahl der Kompetenzgrundlage durch die Gemeinschaftsorgane für den Erlass umweltpolitisch-relevanter Rechtsakte kommt in mehrfacher Hinsicht Bedeutung zu; so im Hinblick auf das Einstimmigkeitserfordernis bzw. das Mehrheitsprinzip im Ministerrat, auf die Beteiligung des europäischen Parlaments, auf das durch Umweltschutzmaßnahmen erreichbare Schutzniveau und schließlich im Hinblick auf die Vorgabe der Erforderlichkeit einer gemeinschaftsrechtlichen Regelung.

Viel Unmut staut sich gegenüber der EG-Kommission auf, wenn deren Entscheidungen in ihrer Unbeeinflussbarkeit vom einzelnen Bürger und seinen Interessenvertretern großes Unverständnis hervorruft. Aber, die EG-Kommission ist keineswegs die gewaltige, übermächtige Bürokratie". Im Gegenteil die 17 Kommissare und ihr Präsident (Delors) sind durch keinen Wählerentscheid legitimiert und bis heute lediglich Spielbälle unterschiedlicher Regierungs- und Industrieinteressen (s. Abb. 1).

Das eigentliche Zentrum der scheinbar so anonymen EG-Macht bilden der Europäische Rat, der zwölf Staats- und Regierungschefs sowie die derzeit 23 Räte der verschiedenen Fachminister mit ihrem Gefolge aus den Regierungsapparaten der einzelnen Hauptstädte. In diesen Zirkeln, die stets hinter verschlossenen Türen tagen, fallen alle wichtigen Entscheidungen. Wenn die Ergebnisse dieser "Hintertür-Gesetzgebung" dann auf Widerstand stoßen, schieben die Minister und Regierungschefs die Verantwortung nur allzu gerne auf die Brüsseler EG-Kommissionäre. Diese Kommission entwirft zwar die Vorlagen, die in Ministerratsrunden verabschiedet werden, Entscheidungen fallen aber im Europäischen Rat.

In Abb. 2 sind die Auswirkungen ausgewählter einschlägiger Gesetze über die symbolisch dargestellten landwirtschaftlichen Produktionsbereiche auf die wesentlichen betriebswirtschaftlichen Ertrags- und Kostenkriterien schematisch dargestellt. Die ausgelösten Kostensteigerungen führen auf der Ertragsseite zwangsläufig zu Einbußen mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die existenztragenden Gewinne.

Bekanntlich können nach dem Bundesnaturschutzgesetz und dem Wasserhaushaltsgesetz Schutzgebiete ausgewiesen werden, die dann stets mit Bewirtschaftungsaufgaben, d.h. mit suboptimalem Umgang von Produktionsmitteln und Produktionshilfsmitteln verbunden sind. Eine mögliche Entschädigung dadurch entstehender Einbußen ist aus dem Grundgesetz Art. 14 (s. dazu auch Abb. 3, 4, 5 und 6) abzuleiten. Wird eine Nutzungseinschränkung nach Abs. 2 dem Gebot einer sozialgerechten Nutzung der sogenannten Sozialbindung zugewiesen, ist sie ohne Entschädigung zu akzeptieren. Ist der Tatbestand einer Enteignung nach Abs. 3 entstanden, besteht Entschädigungspflicht. Das eingangs angesprochene Begriffs-dilemma kommt an dieser Stelle praktisch zu ebenso unangenehmen wie gewinnbeeinträchtigenden Auswirkungen. Denn der Begriffsinhalt des Eigentums unterlag und unterliegt einem dauernden Wandel, ausgelöst von den verschiedenen Kräften einer freiheitlichen Gesellschaft.

**Grundgesetz**

Artikel 14

- (1) Das Eigentum und das Erbrecht werden gewährleistet. Inhalt und Schranken werden durch die Gesetze bestimmt.
- (2) Eigentum verpflichtet. Sein Gebrauch soll zugleich dem Wohle der Allgemeinheit dienen.
- (3) Eine Enteignung ist nur zum Wohle der Allgemeinheit zulässig. Sie darf nur durch Gesetz oder auf Grund eines Gesetzes erfolgen, das Art und Ausmaß der Entschädigung regelt. Die Entschädigung ist unter gerechter Abwägung der Interessen der Allgemeinheit und der Beteiligten zu bestimmen. Wegen der Höhe der Entschädigung steht im Streitfall der Rechtsweg vor den ordentlichen Gerichten offen.

**Bundesnaturschutzgesetz**

§ 1 Abs. 3

Der ordnungsgemäßen Land- und Forstwirtschaft kommt für die Erhaltung der Kultur- und Erholungslandschaft eine zentrale Bedeutung zu; sie dient in der Regel den Zielen dieses Gesetzes.

§ 8 Abs. 7

Die im Sinne dieses Gesetzes ordnungsgemäße land-, forst- und fischereiwirtschaftliche Bodennutzung ist nicht als Eingriff in Natur und Landschaft anzusehen.

Seufert

**Grundlagen des Entschädigungsrechts**

- Bundesnaturschutzgesetz ⇒ Schutzgebietsausweisung  
 Grundgesetz Art. 14 Abs. 2 ⇒ Sozialbindung  
 Abs. 3 ⇒ Enteignung



SOZENTD1.GAL / nach Mährlein, A.

Seufert

## Grundlagen des Entschädigungsrechts

### Schlußfolgerungen

Anerkennung von Maßnahmen des Natur- und Land- schaftschutzes	=	Ausdruck der Sozialbindung keine Enteignung
Eingriff in eigentumsmäßig verfestigte Rechts- positionen	=	entschädigungspflichtig
Verbot rechtmäßig aus- geübter Nutzung	=	entschädigungspflichtiges Sonderopfer
zukünftige Chancen Aussehen Erwartungen ohne derzeit rechtlichen Anspruch	=	kein Bestand des Eigentums

SOZENT03.GAL / nach Mährlein, A.

Seufert

## Grundlagen des Entschädigungsrechts

Maßnahmen des Natur- und Landschaftschutzes	=	grundsätzlich keine Enteignung sondern lediglich konkrete Ausgestaltung der Sozialgebundenheit
entschädigungspflichtiges Sonderopfer	=	Enteignungsbegriff im entschädigungsrechtlichen Sinn keine klassische Enteignung nach Art.14 (3) GG

### Schlußfolgerungen

- ▶ Festschreibung ausgeübter  
rechtmäßiger Nutzungen  
+ einseitige Sicherstellung ⇒ kein Anspruch auf  
Entschädigung
- ▶ Eingriff in vorhandene  
Rechtspositionen z.B. Verbot  
oder Einschränkung rech-  
tmäßig ausgeübter Nutzung ⇒ Bestands-Abtufungsschutz  
und ist  
Entschädigungsanspruch  
aus

SOZENT04.GAL / nach Mährlein, A.

Seufert

Die ohnehin nie genaue Grenzziehung zwischen entschädigungsloser Sozialbindung und entschädigungspflichtiger Enteignung hat sich heutzutage eindeutig in Richtung Sozialbindung verlagert und findet ihre schriftliche Begründung im sogenannten "Naßauskiesungsbeschuß" des Bundesverfassungsgerichtes von 1981 (3). Wenn auch der Bundesgerichtshof 1984 (1) in der Form widersprochen hat, daß Schutzgebietsausweisungen des Naturschutzes doch als mögliche entschädigungspflichtige Tatbestände zu bewerten wären, ist das Problem einer Abgrenzung zwischen den Aussagen von Absatz 2 und Absatz 3 des Bundesnaturschutzgesetzes nach wie vor relevant. Nachdem eindeutige gesetzliche Vorgaben fehlen, fällt diese Abgrenzung den Gerichten zu, die anhand spezieller Fälle den Inhalt und die Schranken des Eigentums bestimmen. Mährlein (8) geht in seiner Arbeit auf S. 55ff sehr deutlich und aussagekräftig auf diese Problematik ein. Auszüge daraus beinhalten die Abb. 5 und 6. Mit dem neuen Investitionserleichterungs- und Wohnbaulandgesetz vom 1. Mai 1993 verschärft sich die dargestellte Problematik im Dimensionsbereich. Die Übernahme der sogenannten städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme als Dauerrecht ins Baugesetzbuch ergibt für die Landwirtschaft eine ebenso wichtige wie einschneidende Veränderung. Fassen demnach eine Gemeinde oder eine Stadt den sogenannten Einleitungsbeschuß über den Beginn der notwendigen Voruntersuchungen, koppelt sie automatisch die im Entwicklungsgebiet liegenden Grundstücke von der Wertsteigerung ab. Beim Erwerb der im Entwicklungsgebiet liegenden Grundstücke gilt, daß die Gemeinde als Kaufpreis den Verkehrswert zu bezahlen hat, den das Grundstück zum Zeitpunkt des Einleitungsbeschlusses hat. Wertsteigerungen aufgrund der bevorstehenden Entwicklungen dürfen nicht mit angerechnet werden.

Für den betroffenen praktischen Landwirt und seine existenzentscheidenden sowie -tragenden betriebswirtschaftlichen Kalkulationen sind Ausgleichs- und Entschädigungsregelungen von nachhaltiger Auswirkung. Auch die gewaltigen Rechnerleistungen verfügbarer Elektronik können die vorliegenden Daten und Informationsdefizite zur Berechnung jedweder Verluste nicht ausgleichen, auch, weil die einfachsten Referenzsituationen in anerkannter Form fehlen (s. dazu 8). Mährlein fordert für einen verantwortungsbewußten Umgang mit den betroffenen Landwirten zu Recht sogenannte "dynamisierte Referenzsituationen" wie auch in Abb. 7 abgeleitet.

Bezüglich möglicher Auswirkungen wäre sorgfältig zu prüfen, ob die Gewinneinbußen sich über Teilbereichskalkulationen oder in ihrer gesamten Auswirkung erst durch eine Gesamtbetriebskalkulation berechnen lassen (s. Abb. 8). Teilbereichsrechnungen lassen sich natürlich wesentlich leichter durch Gegenüberstellungen von Ertrags- und Aufwandspositionen erfassen, als dies bei einer Gesamtbetriebskalkulation mit den einhergehenden komplexen Veränderungen in der gesamten Organisationsstruktur erscheinen lassen. Beispiele einfacher Teilbereichskalkulationen sind in den Abb. 9 und 10 berechnet, wobei in diesen Abbildungen die Varianten 1 und 2 durch Annahme höherer Bauinvestitionen je Mastplatz hervortreten und die Variante 3 durch 500 g Einstreu je Tier und Tag gegenüber der Variante 0 gekennzeichnet ist. Die ausfallenden Unterschiede in den Unternehmensgewinnen je Mastplatz sind beträchtlich und können nicht wegdiskutiert werden. Sie fordern eher zu äußerst sorgfältiger Vorgehensweise bei der

Aussprechung von Auflagen auf, ganz besonders dann, wenn es sich um Unternehmen handelt, welche diese Zusatzkosten im Preis nicht weitergeben können und sich ohne dies in einer allgemein schwierigen wirtschaftlichen Lage befinden. Die angestellten Teilbereichskalkulationen weisen untereinander eine weitere Variante auf, wie an den Bildunterschriften zu erkennen.

Diese Variationen erfahren deshalb ihre Demonstration, um die Notwendigkeit dynamisierter Differenzsituationen zu unterstreichen.

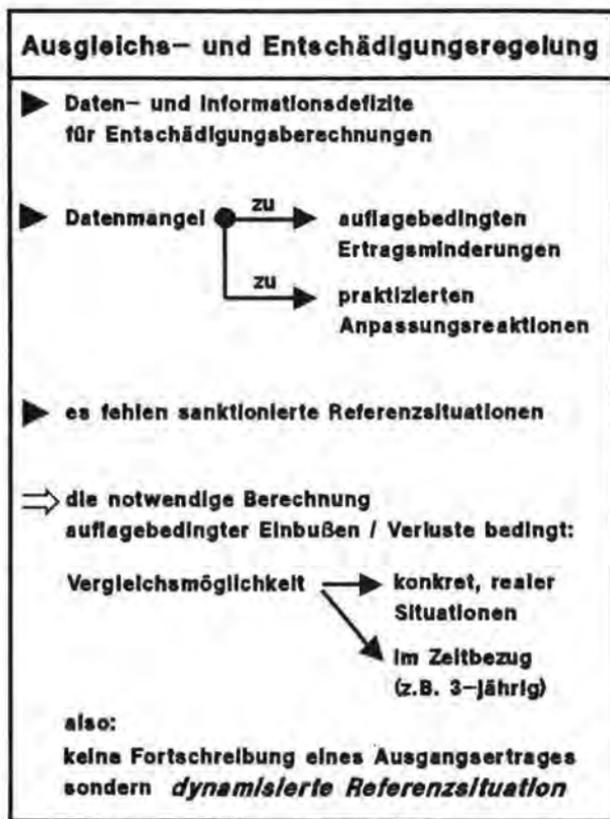
Ein Problem besonderer Art entsteht bei der Ermittlung von Verkehrswertminderungen. Zunächst lassen sie sich ermitteln anhand reduzierter Pacht- und Verkehrswerte des Bodens oder des ganzen Betriebes, wozu auch prinzipiell zukünftige Wertsteigerungen gehören würden. Im Rahmen der Entschädigungsregelungen, abgeleitet aus Art. 14, Abs. 2 und 3, ist daran zu erinnern, daß nur entschädigungsfähige Positionen berücksichtigt werden können. Wie bereits erwähnt (Abb. 5), gehören dazu nicht mögliche, zukünftige Verkehrswertsteigerungen. Antragsteller stoßen bei ihren berechtigten Ansprüchen zur Verkehrswertminderung jedoch auf das Problem, daß letztere ja erst durch eingeschränkte Nutzungsmöglichkeiten entstanden sein können. Sind diese jedoch schon entschädigt worden, so kann im Sinne nicht möglicher Doppelentschädigungen die nachträgliche Verkehrswertminderung nicht mehr abgedeckt sein. Man müßte in vorausschauender Erkennung aufziehender Verkehrswertminderungen zunächst auf bereits entstandene Nutzungsausfallentschädigungen verzichtet haben.

Die landwirtschaftlichen Unternehmen sind auf die Nutzung der Ressourcen Wasser und Boden angewiesen und geraten dabei in einen zunehmend schwieriger werdenden Konflikt mit anderen Gesellschaftsbereichen sowie deren Ansichten. Auch in Anbetracht der gegenwärtigen Überschüsse in der EG soll an dieser Stelle auf eine World Watch Studie hingewiesen werden, die als "Vital Signs 1993" darauf hinweist, daß die Lebensmittelproduktion pro Person seit mehreren Jahren fällt. Langfristig drohten Lebensmittelengpässe und Hungersnöte auch außerhalb der Hungerzonen Afrikas. Nach dem Motto, denke global und handle lokal, müßte sich das öffentliche Interesse zumindestens auch gleichwertig darauf konzentrieren, daß ohne die von der Landwirtschaft erzeugten Lebensmittel ein Leben auf der Erde ebenso wenig möglich wäre, wie beispielsweise ohne das von der Wasserwirtschaft gelieferte Trinkwasser. Derzeit ist nicht feststellbar, daß diesem öffentlichen Interesse in unserer Gesellschaft ausreichend Rechnung getragen wird. Gegenüber der gewerblichen Wirtschaft und der Wasserwirtschaft ist vielmehr eine erhebliche Benachteiligung der Landwirtschaft zu erkennen. (4)

Dieser Eindruck soll durch nachfolgende Zitate anerkannter Persönlichkeiten auf diesen Gebieten untermauert werden.

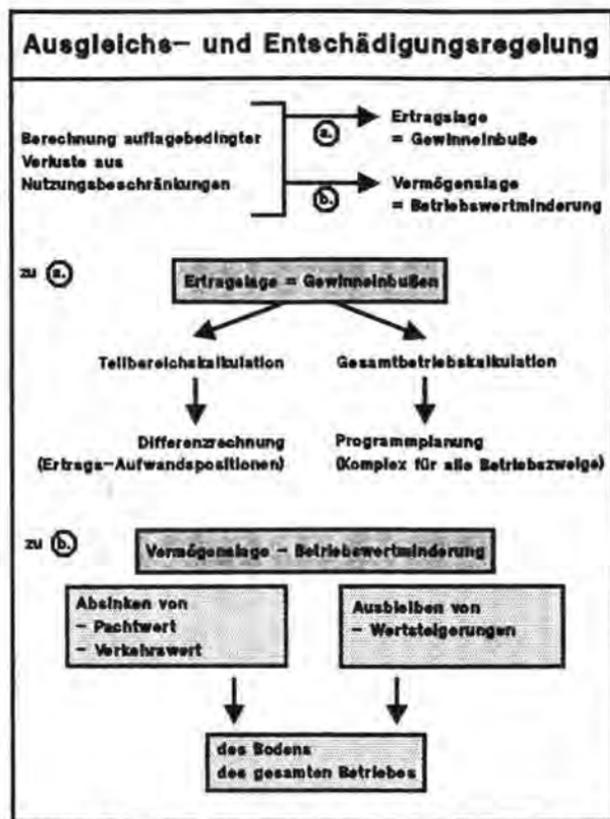
In der zweiten, aktualisierten Auflage 1990 seines Buches "Erdpolitik" schreibt Ernst Ulrich von Weizsäcker (9) unter dem Kapitel 13 - Stadt und Land - auf den Seiten 188ff folgende, mehr als nachdenklich stimmende Sätze:

"Die wirtschaftliche Macht, der verteilbare Wohlstand und die kulturellen Ereignisse konzentrieren sich allemal in der Stadt.



SOZENT05.GAL / nach Mährlein, A.

Seufert



SOZENT06.GAL / nach Mährlein, A.

Seufert

### Erfolgsrechnung in der Mastschweineproduktion

Zusammenfassung der Betrachtung über die Auswirkung der leistungsneutralen Kostenerhöhung im Bereich Stallbau und Arbeitskraft

	Variante 0	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Beschreibung	Flüßigmist	Baukosten + 50 DM	Baukosten + 200 DM	Festmist 500 g/Tier/T.
Deckungsbeitrag DM/MP	125,51	125,51	125,51	125,51
Neuwert Gebäude und Technik DM/MP	850,00	700,00	850,00	850,00
Gewinn DM/MP	28,30	20,25	1,35	28,30
AKh/MP (nach KTBL)	1,00	1,00	1,00	3,10
Lohnansatz DM/MP	22,01	22,01	22,01	68,11
Zinsertrag v.H.d.EK	3,23	- 0,84	- 8,10	- 20,41
Unternehmer- gewinn DM/MP	- 0,54	- 9,11	- 29,59	- 46,63

Seubert

Unterstellung: Schweinepreis geschl., 3,10 DM/kg  
4. DVO, E, Ø 1991

### Erfolgsrechnung in der Mastschweineproduktion

Zusammenfassung der Betrachtung über die Auswirkung der leistungsneutralen Kostenerhöhung im Bereich Stallbau und Arbeitskraft

	Variante 0	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Beschreibung	Flüßigmist	Baukosten + 50 DM	Baukosten + 200 DM	Festmist 500 g/Tier/T.
Deckungsbeitrag DM/MP	10,22	10,22	10,22	10,22
Neuwert Gebäude und Technik DM/MP	850,00	700,00	850,00	850,00
Gewinn DM/MP	-90,59	-95,04	-113,94	-86,99
AKh/MP (nach KTBL)	1,00	1,00	1,00	3,10
Lohnansatz DM/MP	22,01	22,01	22,01	68,11
Zinsertrag v.H.d.EK	-55,90	-55,74	-53,31	-79,54
Unternehmer- gewinn DM/MP	-115,82	-124,40	-144,87	-161,92

Seubert

Unterstellung: Schweinepreis geschl., 2,65 DM/kg,  
4. DVO, Ø Juni 1993

Aber was ist das für ein wirtschaftlicher Erfolg, der die Städte reich werden und die einst reich geglaubten weiten Länder verarmen läßt? Es ist weitgehend der Erfolg von erfolgreichen Parasiten. Das Wasser, die Luft, die Nahrungsmittel, der Platz für Abfälle, der Raum für Erholung, die Rohstoffe, die biologische Vielfalt, all das erzeugt das Land für die Stadt, die sich daran gütlich tut. Und bezahlt wird fast nichts für diese Leistungen. Für die Nahrungsmittel zahlt die Stadt, gewiß, aber jeder Bauer (hier wie in der Dritten Welt) weiß, wie verzweifelt wenig vom Endverbraucherpreis (und in Europa von den Subventionsgeldern) wirklich auf dem Bauernhof ankommt. Für das Wasser zahlt der Städter aber bloß zur Deckung der Kosten der - städtischen - Wasserwerke. Für die Luft zahlt der Städter gar nichts. Die Ballungsräume verschmutzen sie, kommen sich schon ganz umweltbewußt vor, wenn sie die Verschmutzung ein bißchen reduzieren. Regeneriert wird die Luft, wenn überhaupt, auf dem Land.

Für die Erholung und die Schönheit der Natur zahlt der Städter nur gerade soviel, wie der kommerzialisierte Fremdenverkehr auf dem Markt durchsetzen kann. Und das ist eben nicht viel.

Aber im Sinne der radikalen Anwendung des Verursacherprinzips müßte die Stadt für die laufend dem Land zugefügten ökologischen Schäden sowie für die ökologischen Regenerationsleistungen des Landes bezahlen."

Ebenfalls bezugnehmend auf das Buch "Erdpolitik" äußerte sich Prof. Dr. jur. Deselaers am 25. Januar 1993 anläßlich der DGAU-Tagung in Hoechst folgendermaßen:

"Mit Blick auf das existenzgefährdende Ausmaß der Benachteiligung der Landwirte durch die parasitären Verhaltensweisen der Stadt im Sinne von Weizsäcker stellt sich die Frage, ob den Landwirt nichts anderes als eine widerspruchslose und resignierende Hinnahme der Nachteile empfohlen werden kann. Die Antwort auf diese Frage ist ein eindeutiges Nein.

Denn eine Überprüfung der Sach- und Rechtslage führt zu dem Ergebnis, daß die Landwirte sich mit guten Gründen und mit Aussicht auf Erfolg gegen ihre Benachteiligung wehren können. Vor allem deswegen, weil sowohl die für die Landwirte besonders nachteiligen Vorschriften des Wasserrechts als auch die auf diesen Vorschriften beruhende Verwaltungspraxis höherrangiges Recht verletzen:

1. Verstoß gegen das EG-Recht
2. Verstoß gegen den Gleichheitssatz des Grundgesetzes.
3. Verstoß gegen die verfassungsrechtlichen Normen über den Schutz des Eigentums, den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit und das Übermaßverbot.
4. Verstoß gegen das verfassungsrechtliche Sozialstaatsprinzip.

Dennoch ist es aus der Sicht der Landwirtschaft ebenso zeitgemäß wie notwendig, sich auch kritisch mit den von ihr ausgehenden Beeinflussungen auseinanderzusetzen, sowie gleichzeitig die informationselektronischen, verfahrenstechnischen Möglichkeiten zu deren Beherrschung zuerst auszuloten, um sie dann auszuschnöpfen. Die Unternehmensführung Landwirtschaft muß letztlich im logischen Ablauf einer Prozeßleitung die gesetzlich vorgegebenen Richt- und Grenzwerte als Sollwerte oder Führungsgrößen in ihre Regelkreis aufnehmen. Unzulässige - aus den Vergleichen der Führungs- und Regel-Istgrößen - Abweichungen bedürfen einer Korrektur in Form von Stellgrößen. Bei den heute verfügbaren Geräte- und Verfahrenstechniken unterstützen sich technische Effizienz und ökologische Präzision und schließen sich gegenseitig keineswegs aus. Als ein Beispiel möge das differenzielle, globale Positionierungssystem (DGPS) dienen, welches nachweislich (Auernhammer, Weihenstephan) mehr Umweltschutz durch intelligente Technik ermöglicht.

In seinem neuen Werk "Faktizität und Geltung" (6) verbindet J. Habermas die philosophische Analyse mit allen Forschungen der modernen Sozialwissenschaften, um neue Lösungen auf die alten klassischen Fragen der Rechtsphilosophie anbieten zu können:

Was legitimiert das Recht der staatlichen Macht?

Die Moral, die Vernunft, die Demokratie?

Oder einfach, die Macht selber?

Welche Aufgaben erfüllt das Gesetz?

Kann es komplexe soziale Systeme überhaupt steuern?

Kann es außerdem die Autonomie der Privatperson und die des öffentlichen Staatsbürgers garantieren?

Sind all diese Bereiche durch das Rechtssystem plausibel zu vereinbaren?

Die Instanz, die diesen allseitigen Freiheitsrausch um des allseitigen Vorteils willen zu verwalten und zu bewachen hat, ist der Staat; das Medium, in dem er dies tut das Recht, nämlich wie es bei Kant heißt, der Inbegriff der Bedingungen, unter denen die Willkür des Einen mit der Willkür des Anderen nach einem allgemeinen Gesetze der Freiheit zusammen vereinigt werden kann.

Eine Legitimation staatlicher Macht ist das allerdings für Kant noch nicht. Aber der Staat muß zugleich die Möglichkeit seiner Anerkennung aus moralischen Gründen sicherstellen. Denn nur dann gewährleistet er neben dem geschützten Bereich äußerer Willkür auch den der inneren Autonomie des Einzelnen.

Damit waren einerseits die funktionale äußere Trennung, andererseits der untergründige innere Zusammenhang von Recht und Moral fixiert. Das bloße Befolgen des Gesetzes sagt Kant, ist vor den Kritikern der Moral bedeutungslos. Nur widersprechen darf es ihnen nicht. Der Staat stellt seinen Bürgern die Motive ihres Gesetzgehens frei. Aber er muß neben der kalkulierenden Furcht vor Sanktionen auch das moralische Motiv der freien Anerkennung ermöglichen.

Er muß seine Legalität vor dem Gerichtshof der praktischen Vernunft legitimieren.

## Literaturverzeichnis

1. BGH Urteil vom 26.01.1984, III, ZR 179/82
2. Brockhaus Enzyklopädie, 17. Auflage (1970)  
Begriff- und Begriffsbildung
3. B Verf. G Beschluß vom 15.07.1981, S. 58, 300
4. Deselaers, J. Konkurrenz Wasserwirtschaft/Landwirtschaft, rechtliche Aspekte  
Vortragsmanuskript DGAU-Tagung  
25.01.1993, Frankfurt-Hoechst
5. DJN 320, Blatt 1
6. Habermas, J. Faktizität und Geltung  
Beiträge zur Diskurstheorie des Rechts  
und des demokratischen Rechtsstaates  
Suhrkamp Verlag FIM, 1992, 666S
7. Hagemann, D. Zum Begriff der Landwirtschaft  
Landbauforschung Völkenrode 36 (1986)  
Heft 2, S. 106 - 116
8. Mährlein, A. Einzelwirtschaftliche Auswirkungen von  
Naturschutzauflagen  
Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel
9. Weizsäcker, E.U. Erdpolitik  
Wissenschaftliche Buchgemeinschaft  
3. Auflage 1992
10. ZDL Zentrallausschuß der Deutschen  
Landwirtschaft  
Oktober 1987, Mai 1993

# Multigasmonitoring als Beitrag zur Bewertung der Umweltrelevanz von Verfahren der Tierhaltung

Reiner Brunsch, S. Gurk und Otto Kaufmann

## Problemstellung

Treibhauseffekt, Ozonloch und Waldsterben sind globale Umweltprobleme, die in jüngster Zeit desöfteren mit der Landwirtschaft - insbesondere der Tierhaltung - in Zusammenhang gebracht werden. Dazu kommen noch erhöhte Nitrat-/Nitrit- und Ammoniakkonzentrationen im Grundwasser, die landläufig als Ergebnis intensiver Tierhaltung und Düngung angesehen werden.

Tatsache ist, daß die umweltrelevanten Spurengase Kohlendioxid, Methan, Lachgas und Ammoniak bei der Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere entstehen oder entstehen können (Abb. 1).

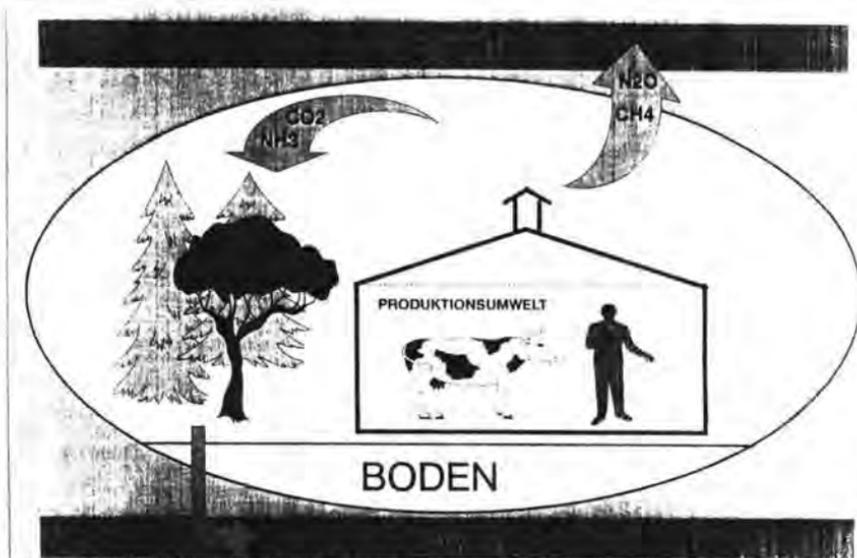


Abb. 1: Prinzipskizze zur Umweltrelevanz von Spurengasen.

Anschrift der Autoren: Dr. R. Brunsch, S. Gurk, Prof. Dr. O. Kaufmann, Humboldt-Universität zu Berlin, FB Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Institut für angewandte Nutztierwissenschaften, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin.

Die anfallenden Mengen dieser Stoffe sind für den Landwirt aus mehreren Gründen von Interesse:

#### Erstens

werden diese Gase an die Stallluft abgegeben und können negative Einflüsse auf Leistungsvermögen und Gesundheit der Nutztiere und des Stallpersonals haben. Zu den einfaktorisch bedingten Expositionsfolgen liegen in der Literatur zahlreiche Angaben vor. Der Landwirt hat dafür Sorge zu tragen, daß bestimmte maximale Konzentrationswerte nicht überschritten werden (z. B. MAK und Vorgaben der Kälberhaltungsverordnung).

#### Zweitens

verlassen die Spurengase den Stall mit der Abluft und beeinträchtigen die Umwelt.

#### Drittens

ist jede Emission Stoffverlust im landwirtschaftlichen Reproduktionsprozeß, der gegebenenfalls durch finanzielle Aufwendungen des Landwirtes - z. B. als Mineraldünger - zu kompensieren ist.

#### Viertens

stellt die Methanproduktion der Wiederkäuer einen Energieverlust dar. Diesen zu minimieren versuchen die Tierernährungsforscher schon seit Generationen.

Am Institut für Nutztierhaltung und Verfahrenstechnik in der Tierproduktion der Humboldt-Universität befaßt sich eine Arbeitsgruppe seit zwei Jahren mit umweltrelevanten Spurengasen in der Tierhaltung. Seit reichlich einem Jahr werden systematisch Gleichzeitigkeitsanalysen in der Stallluft durchgeführt, die Aussagen zur Konzentration von Kohlendioxid, Ammoniak, Methan und Lachgas gestatten.

Als Meßprinzip findet die Photoakustische Spektralanalyse Anwendung. Der Multigasmonitor - Typ 1302 - ist in der Lage bis zu fünf Gase in einer Luftprobe zu bestimmen. Der Wasserdampfgehalt wird mitgemessen. Querempfindlichkeiten der einzelnen Gase zur Luftfeuchte und zwischen den Spurengasen können abgeglichen werden.

### **Produktionsumwelt**

Der Stall ist meistens permanenter Lebensraum für die Nutztiere und Arbeitsort des Landwirts. Das Ziel der Spurengasmessungen besteht darin, den Stall als Lebensraum genauer zu beschreiben. Nach umfangreichen methodischen Arbeiten wurde daran gegangen, systematisch Stallluftbeschaffenheitsanalysen durchzuführen. Es wurde Wert auf Vielzahl der Tierarten, Nutzungsrichtungen und Haltungsbedingungen gelegt. Die Mittelwerte über alle bisherigen Messungen sind in der Abbildung 2 für Ammoniak, Lachgas sowie Kohlendioxid und Methan dargestellt. Zum Vergleich ist die Spurengassituation in einem wenig belasteten Biotop (hier Wald) eingezeichnet. Auffallend sind deutliche Unterschiede zwischen den Tierarten, was den Vergleich innerhalb eines Gases betrifft, aber auch die Relationen der Gase zueinander. So wirft beispielsweise die Nichtnachweisbarkeit von Lachgas in vielen Tierhaltungen Fragen auf. Andererseits fällt die hohe Lachgaskonzentration über Tiefstreu (Schafe)

auf. Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentrationen entsprechen im wesentlichen den erwartungen. Bei Mastschweinehaltungen auf Gülle ist auf die beachtliche Methankonzentration besonders aufmerksam zu machen.

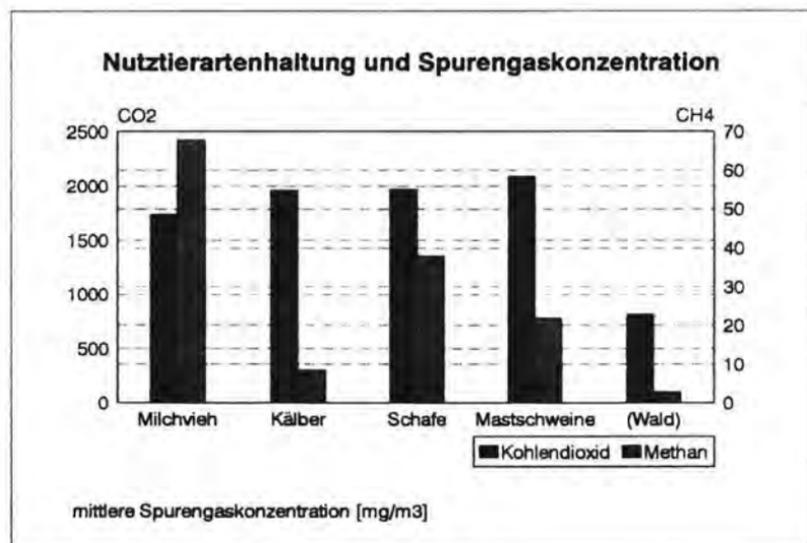
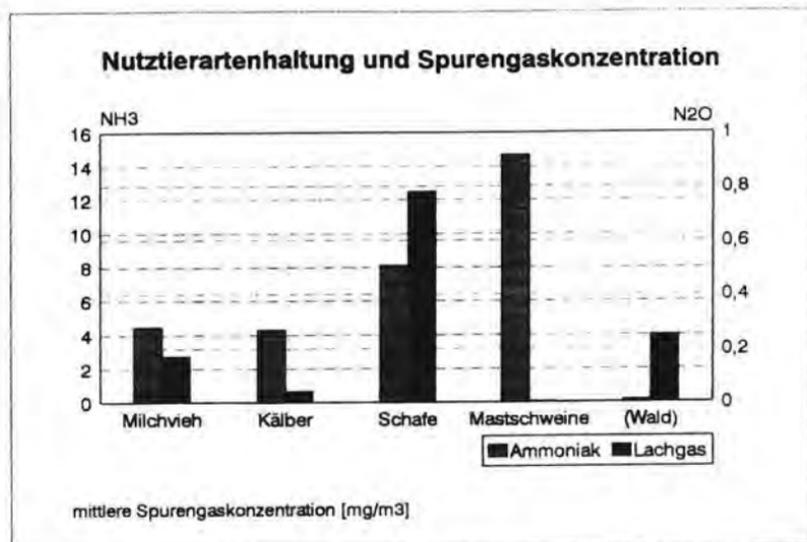


Abb. 2: Spurengaskonzentration in Stallungen verschiedener Nutztierarten.

Der Schwerpunkt der Messungen wurde bisher auf die Rinderhaltung gelegt. In der Abbildung 3 sind die Meßdaten nach Nutzungsrichtung, Haltungsvariante und Mistsystem sortiert.

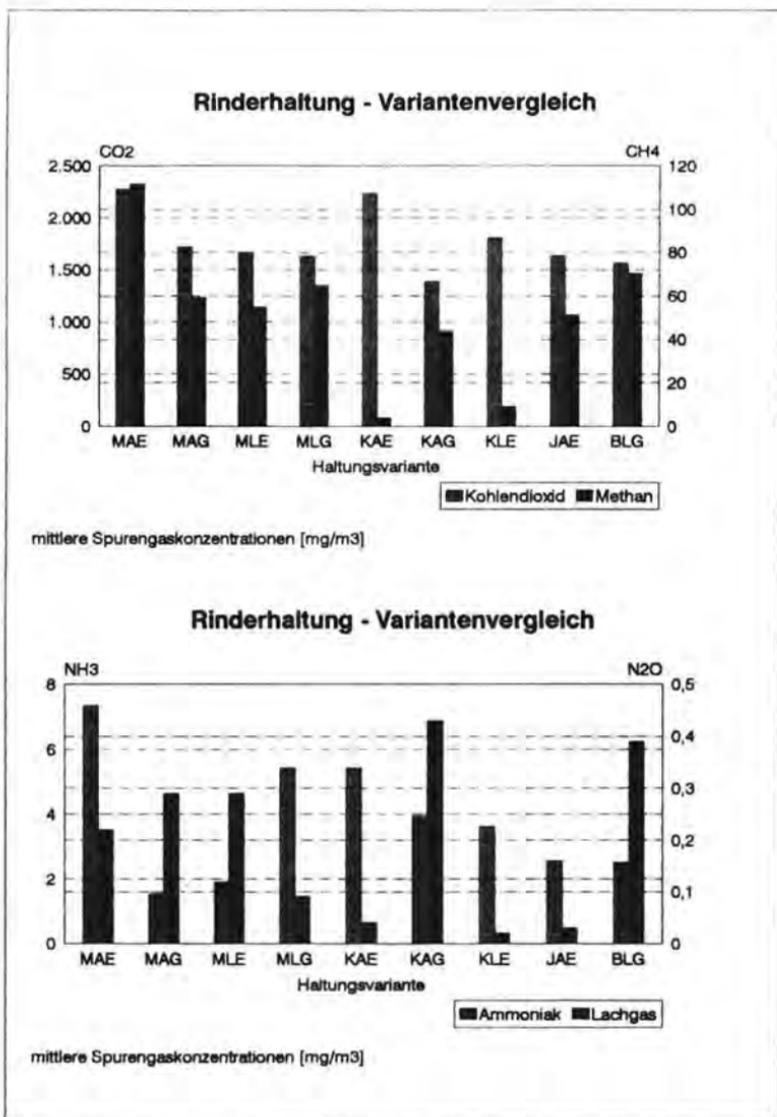


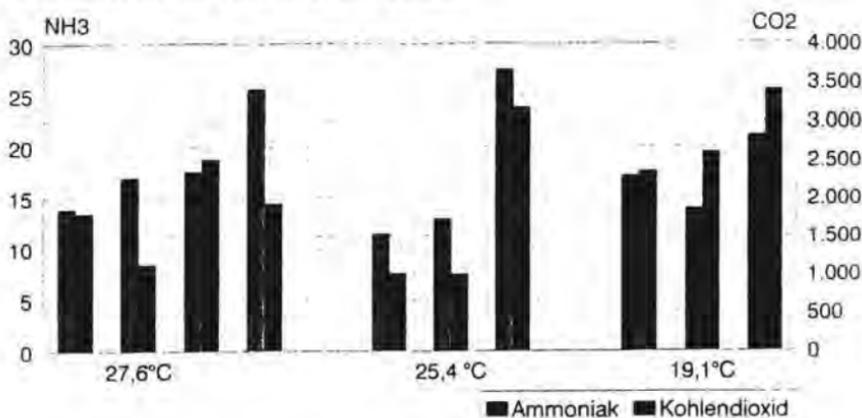
Abb. 3: Spurengaskonzentration in der Rinderhaltung. M = Milchvieh; K = Kälber; J = Jungrinder; B = Mastbullen; A = Anbindestall; L = Laufstall; E = Einstreu; G = Gülle.

Besonders auffällig sind die deutlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten in den Relationen der Gase zueinander. Einiges läßt sich leicht erklären: z. B. weist KAE kaum Methanproduktion über das Tier auf, bei KAG aber aus der Gülle, während bei der letzteren Variante die hohe Lachgassäule nicht erklärt werden kann.

Beim Milchvieh (umfangreichste Messungen) kann bisher keine Tendenz der relativen Vorzüglichkeit von Gülle oder Einstreu hinsichtlich der Spurengaskonzentration in der Stallluft festgestellt werden. Andere Faktoren, insbesondere das Management im Stall, können offenbar erheblichen Einfluß haben.

In der Schweinemast der neuen Bundesländer ist der Übergang zu temperaturgesteuerten Lüftungssystemen verbreitet. Messungen unter vergleichbaren Bedingungen (Stallhülle, Tierbesatz, Fütterung, Entmistungssystem), die sich im wesentlichen durch das praktizierte Lüftungssystem unterschieden, sollten die Wirkung auf die Spurengaskonzentrationen verdeutlichen.

Die Abbildung 4 zeigt, daß höhere Temperaturen nicht unbedingt höhere Spurengaskonzentrationen zur Folge haben müssen, und daß bei ein und derselben Temperatur die Konzentrationen in der Relation zueinander zueinander und in der absoluten Höhe sehr stark differieren können.

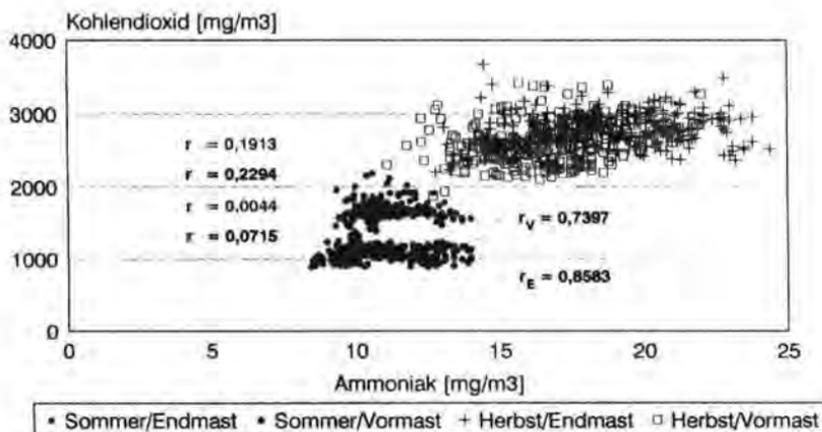


Zuordnung verschiedener Meßwerte [mg/m<sup>3</sup>] zur Stalltemperatur

Abb. 4: Gaskonzentrationen in der Schweinemast bei unterschiedlicher Stalltemperatur.

Anhand der statistischen Aufbereitung längerer Meßreihen sollte der Frage nachgegangen werden, ob sich eines der vier gemessenen Gase im Schweinestall als Leitgas verwenden ließe, was den meßtechnischen Aufwand reduzieren und die Integration in der Lüftungssteuerung ermöglichen würde.

Im Trenddiagramm (Abb. 5) sind die Punktwolken der einzelnen Meßserien für die Gase Kohlendioxid und Ammoniak, sowie dazugehörige Korrelationskoeffizienten dargestellt. Die zusammengefaßten Meßdaten der Vormast und der Endmast ( $r_V$  und  $r_E$ ) vermitteln den Eindruck einer sehr engen Beziehung. Das dies jedoch für die Stallklimatisierung keine praktische Bedeutung hat, zeigen die sehr geringen Korrelationskoeffizienten der einzelnen Meßserien, und der Punktwolkentrend. Daraus ist zu erkennen, daß in einem recht engem Konzentrationsbereich des Kohlendioxids praktisch die gesamte Breite der Ammoniakwerte anzutreffen ist.



Vollspaltenboden, Sommer-Überdruckbelüftung, Herbst-Unterdruckbelüftung

Abb. 5: Zusammenhang zwischen Spurengasen in der Schweinemast.

Die durchgeführten Analysen zur Spurengaskonzentration in der stallluft zeigen sehr deutlich, daß landwirtschaftliche Nutztiere und ihr Betreuungspersonal sehr unterschiedlichen Gasmischen ausgesetzt sind, deren Wirkung auf Gesundheit und Leistung noch recht wenig bekannt ist.

### Versuch einer Emissionskalkulation

Das Ammoniak ist umfangreich analysiert und beschrieben (KTBL 1990). Empfehlungen zur Reduzierung von Ammoniakemissionen aus dem Stall gibt es.

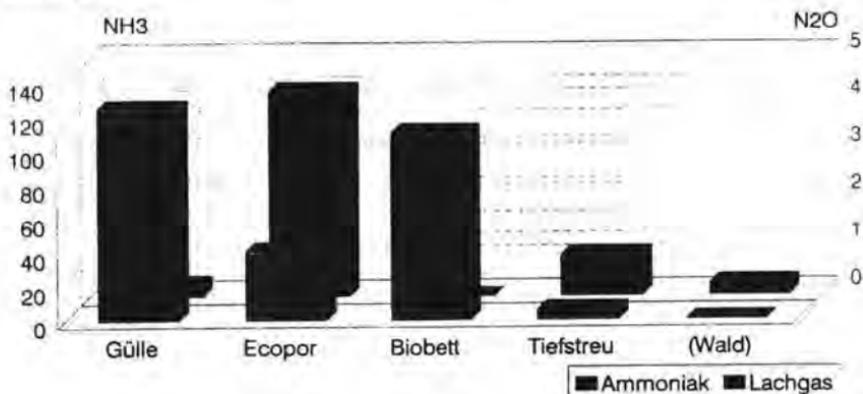
Das Kohlendioxid aus Tierhaltung sollte aufgrund des Stoffkreislaufes Boden-Pflanze-Tier weitestgehend aus der Diskussion der Umweltrelevanz gerauglassen werden.

Methan und Lachgas als Treibhausgase haben in der Fachpresse schon für Schlagzeilen gesorgt (RATH & GÄDEKEN 1991, WALCH 1992), ohne daß Entstehungsbedingungen, Mengen und Schwankungsbreiten im landwirtschaftlichen Bereich

ausreichend bekannt sind. Am bekanntesten ist bei diesen beiden Gasen die globale Wirkung auf das Weltklima (AUTORNKOLLEKTIV 1992).

Mit den vorgestellten Arbeiten wird versucht genanntes Wissensdefizit mitabzubauen, und Möglichkeiten zu finden, wie die Landwirtschaft - insbesondere die Tierhaltung - ihren Emissionsbeitrag reduzieren kann.

Die komplexe Betrachtung umweltrelevanter Spurengase führt dabei zu interessanten Ergebnissen. In der Abbildung 6 ist die Ammoniak- und Lachgaskonzentration über verschiedenen Substraten dargestellt. Aufgrund der Meßbedingungen kann davon ausgegangen werden, daß die Relationen der Gaskonzentration auf die Emission übertragbar sind.



mittlere Spurengaskonzentration [mg/m<sup>3</sup>]

Abb. 6: Spurengaskonzentrationen über verschiedenen Substraten.

An den „Ecoporsäulen“ wird deutlich, daß eine reduzierte Ammoniakfreisetzung feststellbar ist, dafür aber die Lachgasproduktion überdimensional ansteigt. Wenn sich diese Laboruntersuchungen in der Praxis reproduzieren lassen, wäre wohl die Einstufung als umweltverträgliches Haltungsverfahren nicht mehr aufrecht zu halten.

Im folgenden wird eine Methode dargestellt, mit deren Hilfe versucht wird, die Emissionen, die aus der Spurengasenstehung in Tierhaltungen resultieren, zu kalkulieren. Die Tabelle 1 zeigt kalkulierte Emissionen aus vier Tierhaltungen. Auch hier sind sowohl die absoluten Höhen als auch die Unterschiede von Stall zu Stall beachtenswert.

Einige Bemerkungen zum Rechnungsweg:

Zunächst wurde die Differenz zwischen Mittelwert der Spurengaskonzentration im Stall und dem des Waldes (durch Tierhaltung kaum beeinflusste Luft) gebildet, und daraus die Emissionsfracht je m<sup>3</sup> ausgewechselter Stallluft gewonnen. Bei dieser

Methode kommt es zu einer Mitbewertung der Grundbelastung am Produktionsstandort. Über die Multiplikation der geschätzten (freie Lüftung) bzw. der errechneten (Zwangslüftung) Luftwechselrate mit der Emissionsfracht wurde die Emission je Tier ermittelt. In der Variante MLG wurde die Luftwechselrate auf der Grundlage der Lüfterkenndaten errechnet, scheint aber für den Meßpunkt nicht charakteristisch zu sein (unglaubliche Methanemission!). Die negative Lachgasemission bei einigen Varianten ist methodisch bedingt, zeigt aber gleichzeitig, daß Tierhaltungen eventuell die Funktion von Lachgassenken haben können. Besonders hingewiesen werden soll auf das Verhältnis von Ammoniak- und Methanemission in der Schweinemast. Verglichen mit einer Milchkuh emittiert ein Mastschwein zwar nur knapp 5 % des Methans, aber absolut genau soviel wie Ammoniak. Innerhalb der Nutztierart jedoch liegt das Verhältnis der absoluten Emissionsmengen von Ammoniak zu Methan beim Milchvieh bei 1 : 20 und bei Mastschweinen bei 1 : 1.

Die Werte geben nur den Teil der Emission an, der direkt durch die Haltung im Stall entsteht.

Tab. 1: Kalkulierte Emissionen aus der Tierhaltung.				
Tierart/Aufstallung	Freie Lüftung		Zwangslüftung	
	MLE	MLE	MLG	SG
LWR m <sup>3</sup> /h und Tier	230	200	(432)	43
Ammoniak				
Diff. mg/m <sup>3</sup>	1,8	5,3	(5,5)	11,0
E kg/a u. Tier	3,6	9,3	(20,7)	4,1
Methan				
Diff. mg/m <sup>3</sup>	52,5	62,2	(61,0)	12,9
E kg/a u. Tier	105,7	108,9	(230,0)	4,8
Lachgas				
Diff. mg/m <sup>3</sup>	0,05	-0,16	(-0,24)	-0,25
E kg/a u. Tier	0,1	-0,28	(-0,90)	-0,09
MLE = Milchvieh, Laufstall, Einstreu; MLG = Milchvieh, Laufstall, Gülle; SG = Schweinemast, Gülle; LWR = Luftwechselrate				

Die Emission klimarelevanter Gase läßt sich über das spezifische Treibhauspotential der einzelnen Gase zusammenfassend bewerten. Danach würde eine Milchkuh gegenüber einem Mastschwein pro Jahr das ca. 20fache Treibhauspotential freisetzen. Relativiert man jedoch das Treibhauspotential durch Milchviehhaltung und Kohleverbrennung auf den Kopf der Bevölkerung (Berechnungsbasis: DDR, 1988), dann wird die Relation der Emissionsquellen deutlich. Je Kopf der Bevölkerung wird durch Kohleverbrennung rund 16 mal mehr zum Treibhauseffekt beigetragen als durch die Milchproduktion.

Die dargestellten Daten verdeutlichen, wo der Schwerpunkt der Handlungen liegt, um der Erhöhung des Treibhauseffektes Einhalt zu gebieten.

### Schlußfolgerungen

Aus den dargestellten Ergebnissen lasen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die vorgestellten Daten dienen einer komplexen Orientierung zur Aussagefähigkeit von Ergebnissen des Multigasmonitoring und sind für die Ableitung von Richtwerten noch nicht geeignet.
2. Die Methode des Multigasmonitoring ist geeignet für bewertende Aussagen zur Spurengaskonzentrationen in der Stallluft und als Datengrundlage für Emissionskalkulationen.
3. Gleichzeitigkeitsanalysen von Spurengasen in der Tierhaltung sind notwendig.
4. Zur Beurteilung der Umweltrelevanz von Spurengasemissionen sind Relativierungsfaktoren zwischen Klimagasen (spezifisches Treibhauspotential) und Ammoniak zu finden.
5. Methodische Weiterentwicklungen sind beim Multigasmonitoring u. a. in folgende Richtungen sinnvoll:
  - Mehrpunktprobennahme
  - Kombination von Luftprobennnehmer, Temperaturfühler und Strömungsmesser, wobei nicht unbedingt erwartet werden kann, daß die Erhöhung des meßtechnischen Aufwandes in gleicher Relation die Aussagefähigkeit der Daten erhöht.

### Literatur

- AUTORENKOLLEKTIV (1992): Produktionsfaktor Umwelt - Klima/Luft. - etv und Landwirtschaftsverlag, Düsseldorf und Münster-Hiltrup.
- KTBL (1990): Ammoniak in der Umwelt. - KTBL-Schriften-Vertrieb Münster-Hiltrup.
- RATH, G. & D. GÄDEKEN (1991): Milchproduktion beeinflußt das Weltklima. - Der Tierzüchter 43(3): 103-105.
- WALCH, H. (1992): Landwirtschaft bald größter Ozonkiller? - DLG-Mitteilungen 107(4): 71-72.



# Untersuchungen zum Anlernverhalten von Jungkälbern an prozeßrechnergesteuerte Tränkeautomaten

Wolfgang Büscher, Thomas Jungbluth und Michael Kern

## Einleitung

Tränkeautomaten gewinnen in Verbindung mit der elektronischen Tieridentifizierung für die Gruppenhaltung von Kälbern bei Aufzucht und Mast zunehmend an Bedeutung. Dieser Zusammenhang wurde durch zwei parallele Entwicklungen gefördert:

- Durch die Kälberhaltungsverordnung vom 01.12.1992 wird die Haltung von Kälbern in Einzelboxen aufwendiger, nach der 8. Lebenswoche ist sie nur noch in Ausnahmefällen gestattet [4].
- Durch die Weiterentwicklungen im Bereich der teil- und vollautomatisierten Tränkeaufbereitung und -zuteilung auf Einzeltierebene sind prozeßrechnergesteuerte Tränkeautomaten entstanden, bei denen durch kleinportionierte Tränkemengen wichtige ernährungsphysiologische Vorteile nutzbar sind [1; 5; 7].

Üblicherweise werden die Kälber erst nach den ersten Lebenswochen und einer vorgehaltenen Einzelhaltungsphase an den prozeßrechnergesteuerten Tränkeautomaten gewöhnt bzw. in eine Gruppenhaltung integriert. Um diese Einzelhaltungsphase zu umgehen und den Aufwand für die Gewöhnung der Jungkälber an diese Fütterungstechnik zu ermitteln, wurden Untersuchungen auf der Versuchsstation I (Meiereihof; Leiter Dr. H. Birnkammer) der Universität Hohenheim durchgeführt. Bei den Untersuchungen standen neben der Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens vorrangig ethologische und arbeitswirtschaftliche Aspekte im Vordergrund, um das Verhalten und den Anlernaufwand in Abhängigkeit vom Angewöhnungsalter abzuschätzen [3].

---

Dr. W. Büscher, Prof. Dr. T. Jungbluth, cand. agr. M. Kern, Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen, Postfach 70 05 62, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

## Verwendete Fütterungstechnik

Abbildung 1 vermittelt einen Überblick über die Baugruppen und Funktionen der verwendeten prozeßrechnergesteuerten Tränketeknik.

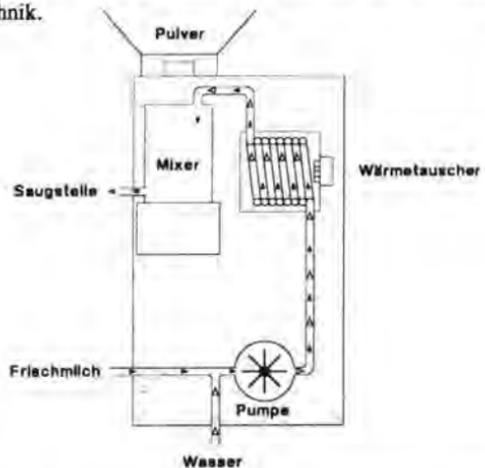


Abb. 1: Baugruppen und Bestandteile des verwendeten prozeßrechnergesteuerten "Kombi"-Tränkeautomaten (Werkbild) [1]

Der Prozeßrechner des Tränkeautomaten steuert die Zuteilung anhand der für die einzelnen Kälber eingegebenen Sollmengen. Durch die Aufteilung der Gesamtmenge in Teilmengen wird verhindert, daß die Kälber zuviel Milch auf einmal aufnehmen können. Ebenso kann die maximal mögliche Abrufmenge je Tag durch die eingegebene Sollmenge nicht überschritten werden. Der Prozeßrechner speichert die Daten über die nachgefragte Milchmenge jedes Kalbes und eröffnet die Möglichkeit, die Differenz zur jeweiligen Sollmenge zu kontrollieren. Der verwendete sogenannte "Stand-alone"-Automat kann bei Bedarf an jedem Ort eingesetzt werden, ohne daß eine Verbindung zu einem zentralen Prozeßrechner hergestellt werden muß. Er bietet sogar die Möglichkeit, innerhalb einer Gruppe unterschiedliche Tränkekonzentrationen zu verabreichen und wichtige Zusatzinformationen, wie z. B. die Trinkgeschwindigkeit und die Anzahl abgebrochener Stationsbesuche einzelner Kälber zu registrieren. Derartige Automaten können als Stand der Technik im breiten Praxiseinsatz angesehen werden [5; 7]. Mit diesem Kombi-Automaten ist es möglich, zusätzlich Vollmilch (Übermilch), Magermilch und ggfs. Biestmilch zu verfüttern. Das Mischungsverhältnis von flüssiger und angerührter Ausgangskomponente wird ebenfalls über den Prozeßrechner beliebig vorgewählt.

Zentrale Bedeutung bei dieser Fütterungstechnik kam der Gestaltung der Saugstelle für das Anlernverhalten zu. Eine nach zwei Seiten geschlossene Tränkestation war für die ungestörte Milchaufnahme erforderlich, da die Kälber die Tränke nicht gleichzeitig, sondern nur nacheinander abrufen konnten. Hierdurch werden die Kälber eindeutig über die Antenne identifiziert und während der Milchaufnahme nicht von Artgenossen abgedrängt [7]. Die Tränkeaufnahme erfolgte wie üblicherweise über einen Sauger, der an der Stirnwand der Tränkestation angebracht war. Die Tiere konnten auf diese Weise kleine Portionen aufnehmen und am Nuckel auch ohne Futteranspruch ihren Saugtrieb befriedigen.

Die am Prozeßrechner eingestellte Tränkekurve (hell schraffiert) zeigt die üblichen Tränkeabschnitte im Gegensatz zum typischen Eimertränkeplan (dunkel schraffiert) an (Abb. 2). Gegenüber einem typischen Eimertränkeplan ist es somit am Tränkeautomaten möglich, bereits sehr früh mit der eigentlichen Entwöhnungsphase zu beginnen. Hierdurch wird das Tier langsamer an den physiologischen Status eines Wiederkäuers herangeführt. Die nennenswerte Aufnahme von Heu- und Kraftfutter kann so um einige Wochen vorgezogen werden.

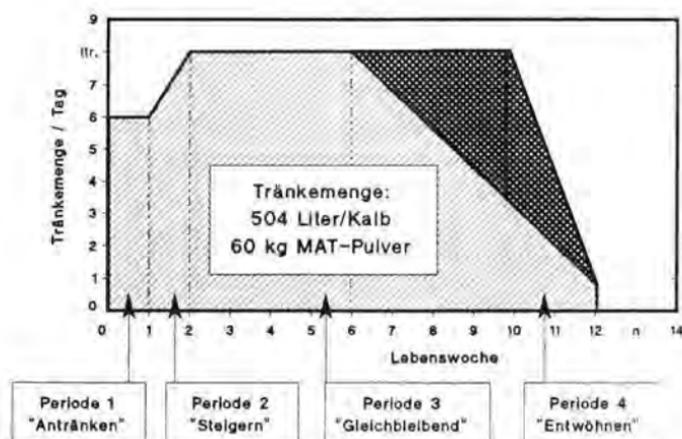


Abb. 2: Tränkeplan für die im Versuch befindlichen Tiere (hell schraffiert) [3]

### Bauliche Anforderungen

Die baulichen Anforderungen an die Gestaltung der Gruppenbucht waren sehr gering. Die

Saugstelle wurde auf dem plangeschlossenen Boden fixiert. Der gesamte Lauf- und Liegebereich wurde im Tiefstreuverfahren betrieben, während um die Tränkestation das verschmutzte Stroh täglich erneuert wurde. Da die Kälber niedrige Temperaturen tolerieren, wurde bei dem nicht wärmeisolierten Stall lediglich eine frostsichere Wasserversorgung für den Automaten gewährleistet. Der Stall besaß eine Schwerkraftlüftung, wobei die Frischluftversorgung durch eine Schlitzwandlüftung (Spaceboard-System) erfolgte [2]. Das verwendete Altbauwerk wurde nach Berücksichtigung dieser Minimalanforderungen für die Kälberaufzucht in der Gruppe am Tränkeautomaten voll nutzbar.

## Material und Methode

Seit Beginn der Untersuchungen wurden 40 schwarzbunte Jungkälber (ein bis drei Tage alt) an den prozessrechnergesteuerten Tränkeautomaten gewöhnt. Da die Tiere kontinuierlich auf dem Betrieb anfallen, werden sie sukzessive an die Tränketeknik geführt, was den praktischen Verhältnissen entspricht. Tabelle 1 zeigt die zu untersuchenden Verhaltensparameter, die täglich durch Beobachtung oder direkt vom Prozessor für jedes Tier erfaßt wurden [3].

Tab. 1: Übersicht über die erfaßten Verhaltensparameter [3]

	Tier	1	2	3	usw
1 Box nicht gefunden, heranzuführen von Hand:					
2 Box betreten, nicht identifiziert:					
3 Box betreten, identifiziert, abgebrochen:					
4 Box betreten, kein Anspruch:					
5 Box betreten, Anspruch, erfolgreich:					
6 Tageswerte Tränkemenge Anspruch:	(l)				
7 abgerufen:	(%)				
8 tägl. Trinkgeschwindigkeit:	(l/min)				
9 relativ:	(%)				
10 Sozialverhalten gegens. Besaugen:					
11 Abdrängen von Artgenossen am Automat:					
12 Fehlverhalten (z.B. Besaugen von Gegenständen):					

## Ergebnisse der Untersuchungen

Schwarzbunte Kälber lassen sich unerwartet schnell bereits am zweiten bzw. dritten Lebenstag an eine prozeßrechnergesteuerte Tränke-technik gewöhnen. Wie auf Abbildung 3 deutlich wird, sind lediglich eine, maximal zwei zusätzliche Anlernhilfen zur Angewöhnung an den Tränkeautomaten notwendig [3].

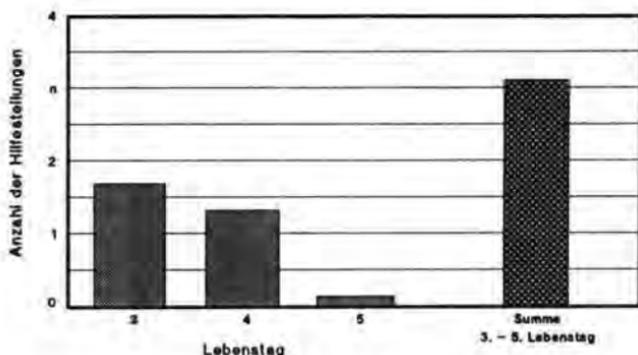


Abb. 3: Anzahl der Hilfestellungen zum Anlernen von schwarzbunten Jungkälbern an einen prozeßrechnergesteuerten Tränkeautomaten in Abhängigkeit vom Lebensalter [3]

Durch leichte Veränderungen im Eingangsbereich der Saugstelle konnte die hohe Anzahl von Stationsbesuchen ohne Tränkeanspruch (Abb. 4) sowie die hohe Anzahl von abgebrochenen Tränkeversuchen (Abb. 5) erheblich reduziert werden. Hieraus läßt sich ableiten, daß der Eingangsbereich der Saugstelle an die Körpermaße der Tiere angepaßt sein muß. Durch die Veränderungen im Eingangsbereich der Saugstelle wurde der Angewöhnungseffekt nicht beeinträchtigt. Die Anzahl von Trinkversuchen mit Futteranspruch war in beiden Fällen gleich (Abb. 6) [3].

Für eine ungestörte Angewöhnung an den Tränkeautomaten war es notwendig, eine zusätzliche Jungtiergruppe im Altersabschnitt erste bis dritte Lebenswoche einzurichten, um einerseits die Verdrängungseffekte an der Saugstelle niedrig zu halten und andererseits einer unkontrollierten Kaltwasseraufnahme der Jungkälber vorzubeugen. Der Flächenbedarf je Kalb war in der Jungtiergruppe mit 2,0 m<sup>2</sup> völlig ausreichend.

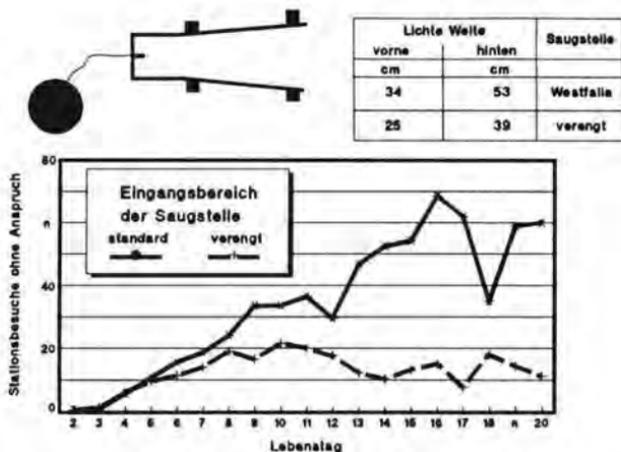


Abb. 4: Effekt der Saugstellendimensionierung auf die Häufigkeit von Trinkversuchen ohne Anspruch [3]

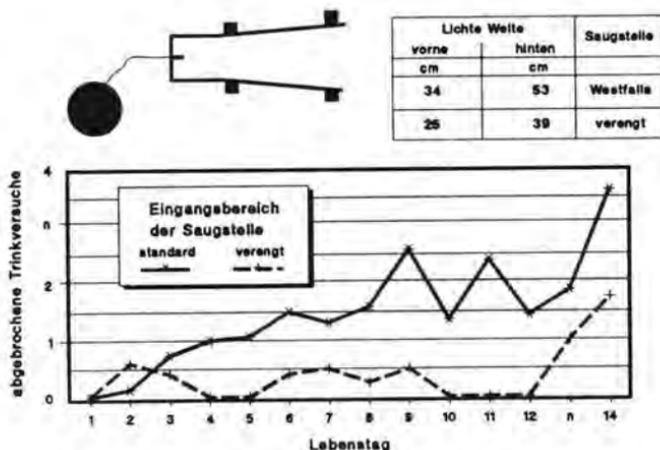


Abb. 5: Effekt der Saugstellendimensionierung auf die Häufigkeit abgebrochener Trinkversuche [3]

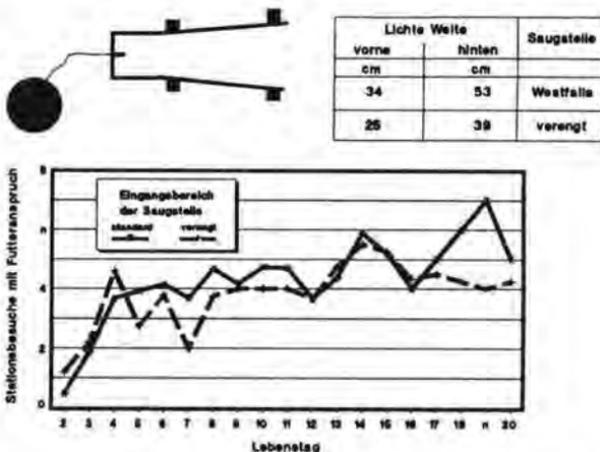


Abb. 6: Effekt der Saugstellendimensionierung auf die Häufigkeit von Trinkversuchen mit Anspruch [3]

Parallele Untersuchungen zum täglichen Arbeitszeitbedarf je Kalb widerlegten ein häufig verwendetes Argument für den Tränkeautomaten [6]. Wie in Abbildung 7 dargestellt, verringerten sich die täglichen Arbeiten im Vergleich zwischen Einzelhaltung mit Eimertränke in eingestreuten Boxen und Gruppenhaltung mit Tränkeautomaten auf Tiefstreu quantitativ nicht. Jedoch änderten sich qualitative Aspekte hinsichtlich der Arbeitsbelastung, wobei überwiegend manuelle Tätigkeiten durch visuelle, kontrollierende Tätigkeiten ersetzt wurden [6].



Abb. 7: Tägliche Arbeiten bei der Einzelhaltung und Gruppenhaltung von Kälbern bei ca. 20 Tieren im Bestand

Neben den Beobachtungen zum direkten Futteraufnahmeverhaltens wurden auch Parameter zum Sozialverhalten erfasst sowie alle Anomalien. Unabhängig vom Alter der Tiere und unabhängig vom Zeitpunkt der Angewöhnung an den Automaten konnte das erwartete gegenseitige Besaugen der Kälber nicht festgestellt werden. Offensichtlich bestand für die Tiere die Möglichkeit, ihr Saugbedürfnis am Nuckel in der ständig zugänglichen Saugstelle ausreichend zu befriedigen. Ebenso wurden keinerlei Verhaltensanomalien bei der Beobachtung der Kälber registriert [3].

Durch die geringen Ansprüche an die räumlichen Gegebenheiten war die dargestellte Altgebäudenutzung problemlos möglich. Die Schwierigkeiten durch hohe Temperaturen an warmen, windstillen Tagen waren gravierender als an Tagen mit niedrigen Temperaturen im Winter. Luftwechselunterstützende Maßnahmen in den Sommermonaten können daher zukünftig notwendig werden. Eine aus den Versuchsergebnissen abgeleitete beispielhafte Raumaufteilung für einen Jungkälberaufzuchtstall beim Verfahren der Frühgewöhnung an den Tränkeautomaten ist auf Abbildung 8 dargestellt. Hierbei sind Vorteile von Zwei-Flächen-Buchten in den Haltungsabschnitten nach der dritten Lebenswoche nutzbar.

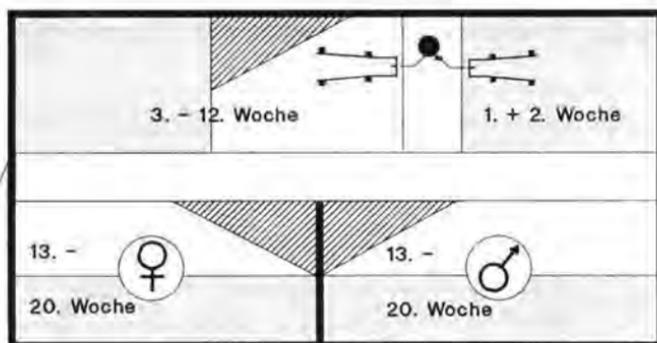


Abb. 8: Beispiel einer Raumaufteilung beim Verfahren der Frühgewöhnung von Jungkälbern an den Tränkeautomaten

## Zusammenfassung

Um die Einzelhaltungsphase in der Kälberaufzucht zu umgehen und den Aufwand für die Gewöhnung der Jungkälber an eine prozeßrechnergesteuerte Tränketeknik zu ermitteln, wurden Untersuchungen am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim durchgeführt. Neben der Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens schwarzbunter Kälber standen vorrangig ethologische und arbeitswirtschaftliche Aspekte im Vordergrund. Die Ergebnisse zeigten, daß schwarzbunte Kälber unerwartet schnell, also bereits nach wenigen Hilfestellungen, in der Lage sind, die gesamte, ihnen zustehende Tränkemenge abzurufen und mit Erfolg aufzunehmen. Das Abdrängen von jungen Kälbern während der Tränkeaufnahme durch ältere Artgenossen konnte durch eine Anpassung des Eingangsbereiches der Saugstelle auf die Körpermaße der Jungkälber und durch Einrichtung einer Jungtiergruppe (bis zur dritten Lebenswoche) erfolgreich unterbunden werden. Durch die ständige Zugänglichkeit des Saugers stellte sich das gegenseitige Besaugen der Kälber nicht ein. Die problemlose Altgebäudenutzung, zeitliche Freiheit bei den durchzuführenden Routinearbeiten und das offensichtliche Wohlbefinden der Tiere lassen das vorgestellte Frühgewöhnungsverfahren an einen prozeßrechnergesteuerten Tränkeautomaten praktikabel erscheinen.

## Literatur

- [1] BÜSCHER, W. (1993): Kälberaufzucht an Tränkeautomaten. - ALB-Baden-Württemberg-Tagung, Vortrag und Tagungsband, Stuttgart.
- [2] HEITING, N. (1989): Rosige Aussichten? - Der Tierzüchter 41: 22-24.
- [3] KERN, M. (1993): Untersuchungen zum Anlernverhalten von Jungkälbern an prozeßrechnergesteuerte Tränkeautomaten. - Diplomarbeit Agrartechnik (VTP).
- [4] KÖNIG, E. (1993): Tierschutz in der Kälberhaltung. - AID Information 42(5).
- [5] PIRKELMANN, H. (1992): Tiergerechte Kälberhaltung mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren. - KTBL-Schrift 352.
- [6] SCHICK, M. & W. BÜSCHER (1992): Zeitgemäße Mastkälberhaltung; eine arbeitswirtschaftliche Einordnung. - Landtechnik 47: 293-296.
- [7] ZÄHRES, W. (1992): Rechnergestützte Verfahren in der Rinderhaltung - Systeme, praktische Erfahrungen und bauliche Lösungen in der Kälberhaltung. - KTBL-Arbeitspapier 170, Darmstadt.



# Vergleich der Einzelhaltung von Saugkälbern zur Gruppenhaltung mit Frühgewöhnung an den Tränkeautomaten

Heinrich Pirkelmann<sup>1</sup>, Elmar Friedag<sup>1</sup> und Stefan Hörmansdorfer<sup>2</sup>

Rechnergesteuerte Tränkeautomaten haben sich zwischenzeitlich in der landwirtschaftlichen Praxis in großer Stückzahl bewährt. Sie bringen insbesondere Vorteile in der artgerechten Haltung im Laufstall, einer physiologisch angepaßten Ernährung und arbeitswirtschaftliche Erleichterungen. Gewisse Unsicherheiten bestehen mitunter noch, in welchem Alter die Kälber erstmals an den Automaten gebracht werden können sowie in der Bewertung dieses Haltungssystems hinsichtlich der Wachstumsentwicklung und des Gesundheitsstatus der Saugkälber im Vergleich zur Einzelhaltung. Antwort auf diese Fragen sollte in einem von der DFG geförderten Forschungsvorhaben ein Vergleichsversuch zwischen Einzel- und Gruppenhaltung mit neugeborenen Kälbern bringen.

## 1. Versuchsaufbau

### 1.1 Versuchsstall

Auf dem Lehr- und Versuchsgut Hirschau des Instituts für Ernährungsphysiologie (Leitung Prof. Dr. Kirchgeßner) wurde ein bereits existierender Kälberstall zur Hälfte mit den bestehenden Kälberboxen belassen und zur Hälfte in einen Laufstall mit 2 Buchten umgebaut (Abb. 1). Die Versorgung der Kälber in Einzelhaltung erfolgte mit Nuckeleimern, die zur Konstanthaltung der Tränketemperatur mit einer von thermostatgesteuerten Warmwasser durchströmten Ringleitung als Wärmetauscher ausgerüstet waren. Zusätzlich wurde ein Eimer an der Wägezelle mit nachgeschalteter Wiegeelektronik befestigt, um die Trinkzeiten und die jeweiligen Aufnahmemengen der ad libidum angebotenen Biestmilch innerhalb der ersten 36 Stunden registrieren zu können.

Für die Kälber in der Gruppenhaltung stand ein Tränkeautomat in der Version eines stand alone mit je einer Saugstelle pro Bucht zur Verfügung. Neben dem Milchaustauscher konnte auch Biestmilch, die über eine getrennte Leitung im Wärmetauscher des Automaten angewärmt wurde, verabreicht werden. Die Portionsgröße betrug jeweils 0,25 l. Alle Meß- und Verhaltensdaten des Wiegeeimers und des Tränkeautomaten wurden online auf einen PC übertragen und abgespeichert.

---

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising-Weihenstephan

<sup>2</sup> TU München, Lehrstuhl für Tierhygiene, Hohenbachernstr. 15, 85354 Freising-Weihenstephan

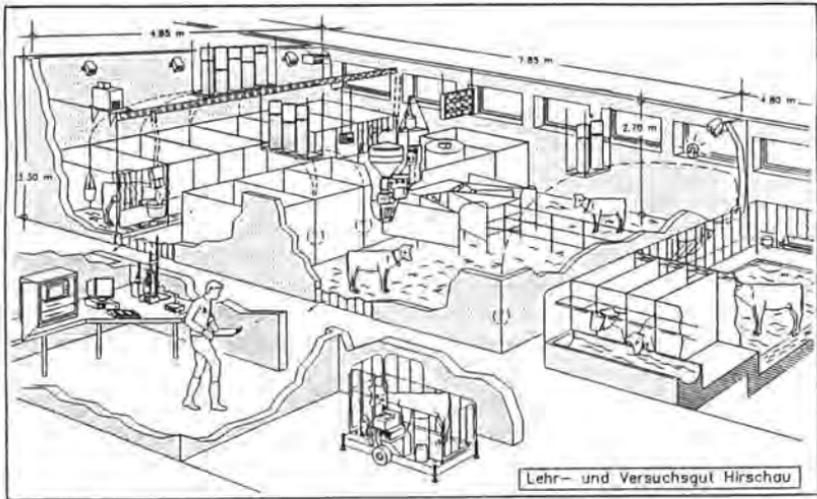


Abb. 1: Versuchsanlage für Einzel- und Gruppenhaltung von Saugkälbern mit technischer Ausstattung für Fütterung und Tierbeobachtung.

Pro Kälberbox und je Bucht stand ein Tränkebecken zur Verfügung, das aus Meßbehältern mit Frischwasser versorgt wurde. Zur Registrierung des Tierverhaltens wurden über der 1. Bucht und einigen Boxen Videokameras installiert, die in ausgewählten Zeitperioden Verhaltensparameter in Intervallen von 0,5 Sekunden aufzeichneten.

Beide Aufstallungssysteme waren vollflächig mit Stroh eingestreut. Nach der Hauptperiode wurden alle Tiere in einen angrenzenden 2-Raumlaufstall mit Tiefstreu umgestallt.

## 1.2 Versuchstiere

Als Versuchstiere standen alle im Zeitraum von Januar bis Juli geborenen Kälber der Milchviehherde (Rotbunte mit hohem HF-Anteil) des Versuchsgutes zur Verfügung. Die Aufteilung der insgesamt 32 Kälber erfolgte wechselweise auf die beiden Aufstallungssysteme. Dabei war darauf zu achten, daß sich in der Gruppe immer mindestens 3 Tiere befanden (Abb. 2).

Die Kälber der Einzelhaltung verblieben über die gesamte Versuchsperiode von 49 Tagen in den Boxen. Die Tiere der Gruppenhaltung wurden 36 Stunden nach der Geburt von der Einzelbox in die Gruppenbucht A umgesetzt. Nach ca. 20 Tagen erfolgte die Umstallung in Bucht B. Nur die letzten Kälber verblieben über die ganze Zeit in der Bucht A, da sonst keine Gruppenbildung mehr möglich gewesen wäre.

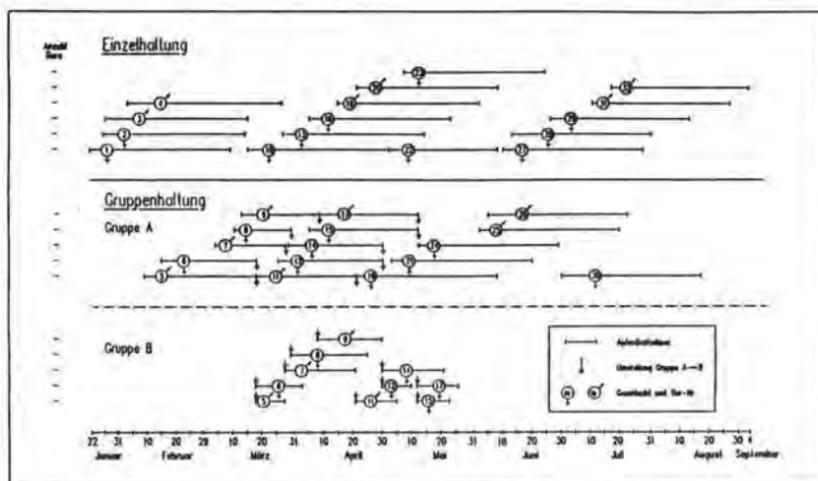


Abb. 2: Verteilung der Versuchstiere auf Einzel- und Gruppenhaltung (Hauptperiode).

### 1.3 Tränke- und Behandlungsplan

Als erste Tränke erhielten alle Kälber innerhalb von 3 Stunden nach der Geburt mit einer Flasche 2 l eines Mischkolostrums, das vom Erstgemelk aller Kühe erstellt, tiefgefroren und vor Gebrauch in einem Wasserbad von 50 °C aufgetaut wurde. Anschließend stand das Mischkolostrum in einem Saugeimer mit Wärmetauscher bis zur 36. Stunde zur freien Verfügung. Im Anschluß daran wurde die Biestmilch der Mutter bis zum 8. Tag in einer Menge von 6 l verabreicht (Abb. 3). Nach einer Übergangsphase von 3 Tagen, in der eine Mischung aus Biestmilch und

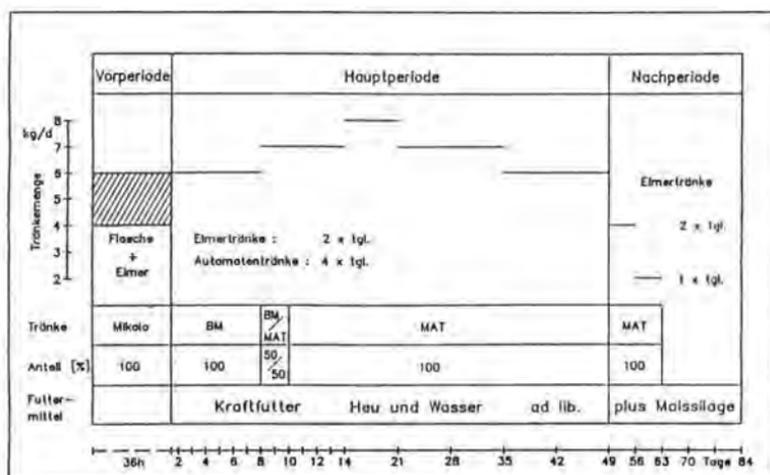


Abb. 3: Tränke- und Fütterungsplan (Tränktemperatur 38 - 39 °C; pH 5,5; MAT 110 g/kg).

Milchaustauschertränke zu je 50 % verfüttert wurde, kam in der Hauptperiode nur Milchaustauschertränke mit einer Konzentration von 110 g/kg in täglichen Mengen von 6 - 8 kg mit 2 und 4 Tränkezeiten für die einzeln bzw. gruppenweise gehaltenen Kälber zum Einsatz. In der Nachperiode erfolgte eine Entwöhnung mit 4 und 2 l Tränke bei 2- und 1-maliger Tränkefrequenz mit Eimern.

Die Tränketemperatur betrug für alle Varianten 38 °C, nachdem in einem Vorversuch angewärmte Biestmilch eine signifikant höhere Aufnahme erzielte als Kaltränke. Der pH-Wert war durchwegs auf 5,5 eingestellt.

Ab dem 2. Tag stand Kraftfutter, Heu und Wasser zur freien Aufnahme zur Verfügung. In der Nachperiode wurde zusätzlich Maissilage angeboten.

Zur Gesundheitsüberwachung wurden in den ersten 2 Wochen alle Tiere täglich visuell beurteilt und nach einem von der Tierärztlichen Hochschule Hannover erarbeiteten Punkteschema bewertet. Als vorbeugende Maßnahme erhielten alle Kälber 36 Stunden pp eine intranasale Applikation einer stallspezifischen (*Pasteurella haemolytica*) Vaccine, die nach 14 Tagen wiederholt wurde (Abb. 4). Am 2., 7., 14. und 28. Tag erfolgten die Entnahmen einer Blutprobe und des Nasensekrets mit Tupfer bzw. Schwämmchen.

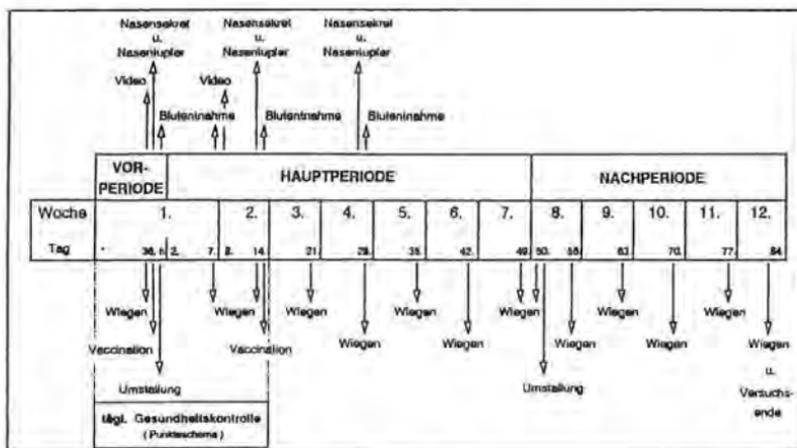


Abb. 4: Behandlungstermine während des Versuchsablaufes.

Erstmals nach 36 Stunden und im Abstand von 7 Tagen erfolgte über die gesamte Versuchsperiode die Feststellung des Körpergewichtes zu jeweils der gleichen Tageszeit auf einer Waage mit elektronischer Anzeige.

## 2. Gewöhnung der Kälber an den Tränkeautomaten

Wesentliches Ziel der Untersuchungen war die möglichst frühe Versorgung der Saugkälber am Tränkeautomaten. Als Termin für die Umstellung in die Gruppe

wurden 36 Stunden nach der Geburt gewählt, da zu diesem Zeitpunkt der Nabel vollständig abgetrocknet war.

Die Kälber nahmen den Tränkestand mit Gummisauger sehr schnell an. Das zunächst befürchtete gegenseitige Besaugen, insbesondere am Nabel, trat in keinem Fall auf. Für die überwiegende Zahl der Kälber genügte ein einmaliges Ansetzen an den Nuckel, wobei ein gegenseitiger Lerneffekt angenommen werden darf (Abb. 5). Nur das 1. Kalb, das sich noch allein in der Gruppenbucht befand, und die letzten Kälber bedurften eines häufigeren Anlernens. Der Grund für die langsamere Annahme des Tränkeautomaten gegen Versuchsende könnte darin liegen, daß zu diesem Zeitpunkt die über 20 Tage alten Kälber nicht mehr umgestallt wurden, um den Gruppeneffekt zu erhalten. Damit entstand für die neu hinzugekommenen Tiere ein größeres Verdrängungsrisiko, zumal auch die Tränkemenge für die älteren Kälber laut Tränkeplan bereits reduziert wurde und damit in der Umstellungsphase noch ein verstärkter Saugdrang bestand.

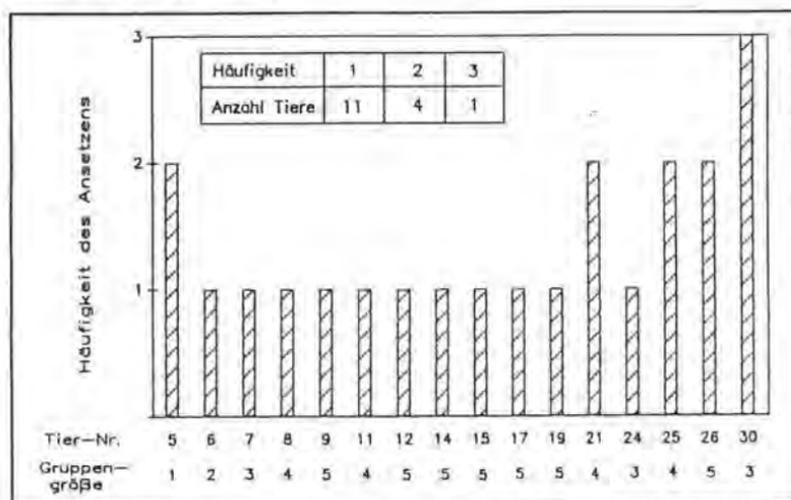


Abb. 5: Häufigkeit des Anlernens von Kälbern am Tränkeautomaten (36 Stunden pp).

Als Resümee aus diesen Ergebnissen ist das gewählte sehr frühe Ansetzen der Kälber an den Tränkeautomaten durchaus vertretbar. Zum Schutz der Kleinkälber sollte aber der Altersunterschied in der Gruppe nicht zu groß sein. Die vorgenommene Altersbegrenzung von ca. 20 Tagen bis zur Umstellung in die 2. Gruppe scheint empfehlenswert.

### 3. Futteraufnahme und Wachstumsentwicklung

Die Aufnahmemenge des Mischkolostrums betrug in beiden Gruppen im Mittel etwa 7,5 l, wobei die Spannweite von 6 - 9 l reichte (Abb. 6). Die geringe Differenz von 4 kg im Biestmilchverzehr ist bei gleichen Stallvorgaben auf die Reduzierung der

Tränke bei Durchfallerkrankungen zurückzuführen. Die Pulvermenge für die Milchaustauschertränke ist wiederum für beide Vergleichsgruppen annähernd gleich und lag etwa 2 kg unter der in der Rationsplanung vorgesehenen Sollmenge von 30 kg. Ein deutlicher Unterschied von 7 zu 12 kg ergibt sich dagegen bei der Kraftfutteraufnahme zugunsten der Gruppenhaltung. Dabei kann ebenso wie bei dem etwa in gleichen Mengen verzehrten Heu eine Streuung innerhalb der Gruppe nur für die Einzelhaltung angegeben werden, während für die Gruppe nur der Durchschnittswert bestimmt werden konnte. Die Wasseraufnahme lag analog zur größeren Kraftfuttermenge höher in der Gruppenhaltung.

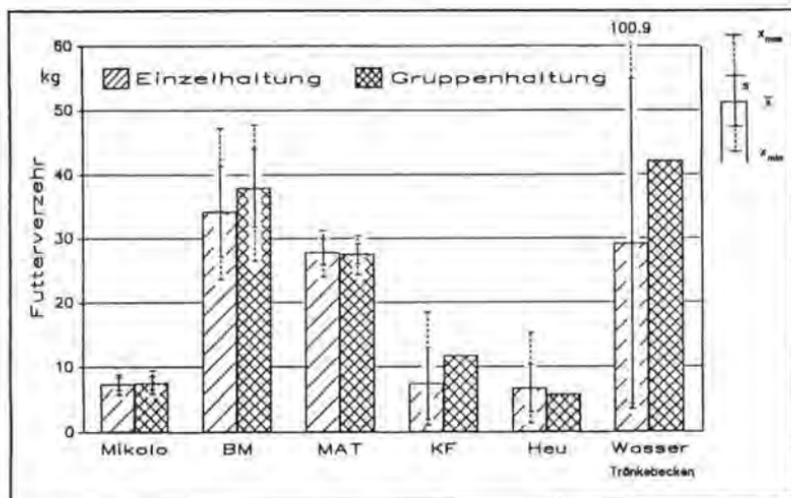


Abb. 6: Futterverzehr in der Vor- und Hauptperiode.

In der Körperentwicklung wird in der Einzel- und Gruppenhaltung während der Hauptperiode das gleiche Endgewicht erreicht (Abb. 7). Nach anfänglich gutem Wuchs ergibt sich ab der 2. Woche bedingt durch vermehrt aufgetretenen Durchfall ein starker Einbruch, der sich in der Gruppe deutlicher auswirkt als in der Einzelhaltung. Die Kälber in der Gruppenbuch erholen sich auch langsamer als die einzeln gehaltenen Tiere, gleichen diesen Rückstand aber ab der 3. Woche wieder aus. Die Streuung innerhalb der beiden Gruppen bewegt sich in ähnlicher Höhe.

Ein durchaus vergleichbarer Verlauf der Gewichtsentwicklung ist auch in der Nachperiode gegeben (Abb. 8). Mit durchschnittlich 1000 g täglicher Zunahme wird ein für Aufzuchtkälber sehr zufriedenstellendes Wachstum erreicht.

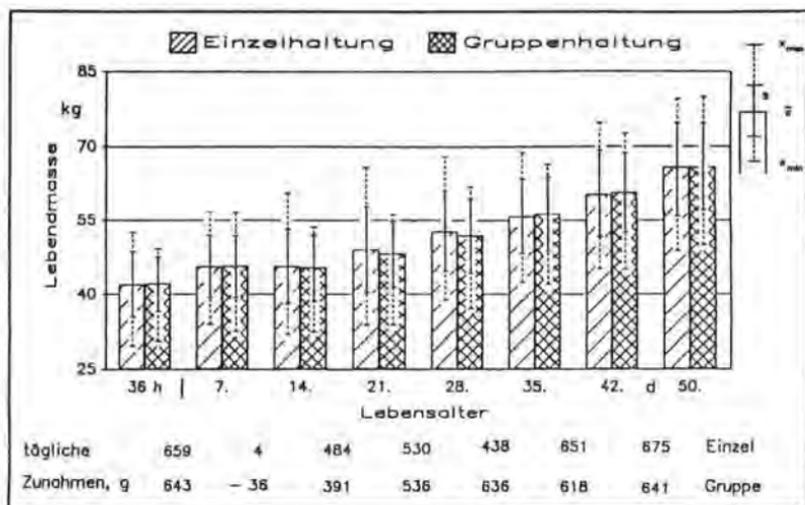


Abb. 7: Entwicklung der Lebendmasse und tägliche Zunahmen der Kälber in Einzel- und Gruppenhaltung.

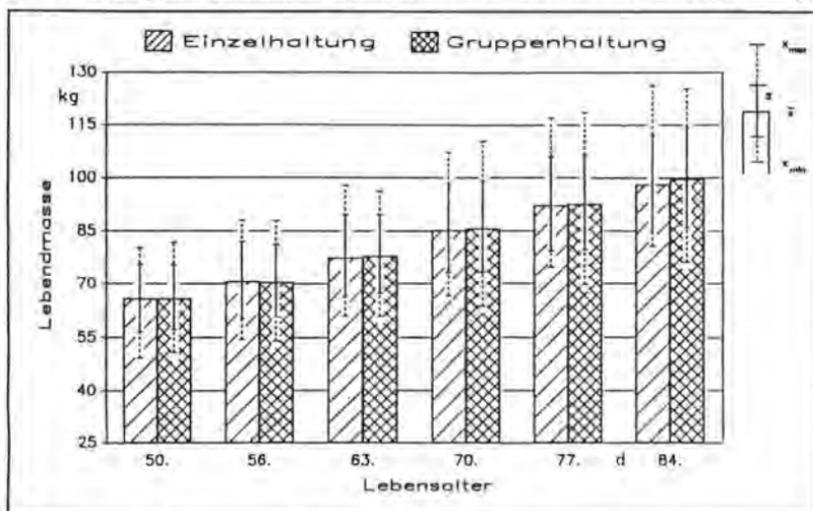


Abb. 8: Entwicklung der Lebendmasse der Kälber in der Nachperiode.

## 4. Auswirkungen auf die Tiergesundheit

### 4.1 Aufgetretene Krankheiten

Die visuelle Beobachtung der Tiere erbrachte nach dem verwendeten Punkteschema keine gravierenden Unterschiede zwischen den 2 Haltungformen. In beiden trat ab dem 7. Tag bei mehreren Kälbern Durchfall auf (Abb. 9). In der Einzelhaltung war dies bei 10 Tieren der Fall, wobei 2 Kälber zweimal betroffen waren und behandelt

werden mußten. Auch in der Gruppenhaltung waren 10 Kälber von akutem Durchfall in der 2. Woche betroffen. Die Ursache könnte in der Umstellung der Tränke und der gleichzeitigen Erhöhung der Menge von 6 auf 7 l liegen. Auch ist in diesem Zeitraum eine erhöhte Anfälligkeit der Tiere bekannt, da die Schutzwirkung kolostraler Antikörper bereits abnimmt, das gesamte Immunsystem jedoch noch nicht vollständig aufgebaut ist. Die bei 3 Tieren in der Einzelhaltung zwischen dem 24. und 28. Tag aufgetretenen Durchfälle dürften dagegen andere Gründe haben und wie die meisten Durchfallerkrankungen auf eine Infektion mit *E. coli* zurückzuführen sein.

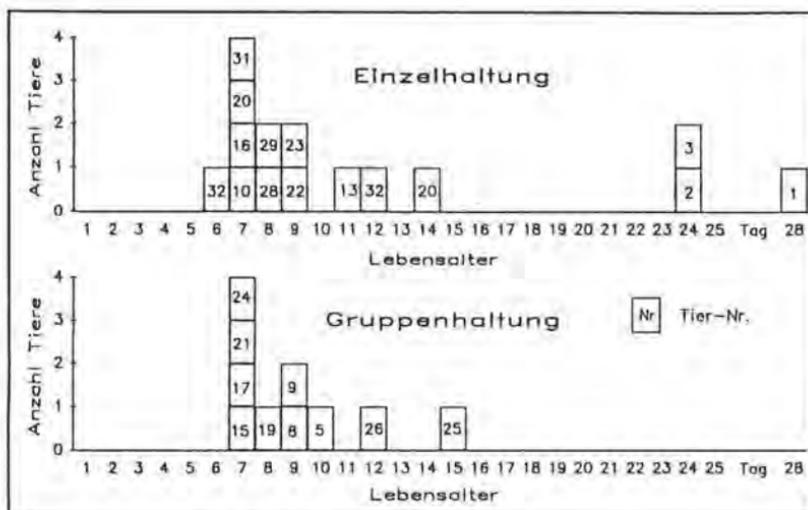


Abb. 9: Vorkommen von akuter Diarrhoe bei Kälbern in Einzel- bzw. Gruppenhaltung.

Zur Behandlung der erkrankten Tiere wurde die Tränke abgesetzt und ersatzweise Elektrolytlösung verabreicht. Zusätzlich erhielten die Tiere bei anhaltendem Verlauf Stulmisan in einer Menge von 50 g/Tag. Der durchschnittliche Verbrauch an Elektrolyten und Stulmisan betrug für die Einzelhaltung 375 und 495 g, für die Gruppenhaltung 242 und 145 g pro Tier. Daraus ergab sich eine Gesamtaufwandmenge von 6000 g Elektrolyt und 7920 g Stulmisan für die einzeln bzw. 3875 g und 2325 g für die gruppenweise gehaltenen Tiere. Der niedrigere Arzneimittelverbrauch in der Gruppenhaltung ist durch die insgesamt geringere Zahl der betroffenen Tiere, aber auch durch eine geringere Krankheitsintensität zu erklären.

#### 4.2 Blut- und Sekretanalysen

Näheren Aufschluß über mögliche Auswirkungen des Haltungssystems auf den Gesundheits- und Immunstatus sollten die Analysen des Blutes und Nasensekrets geben. Das Blutbild läßt dazu keine Unterschiede erkennen (Abb. 10). Sowohl die

Erythrozyten- als auch die Leukozytenzahlen bewegen sich in den Mittelwerten durchaus im Normalbereich. Die in der Streuung und in den Maximalwerten vereinzelt aufgetretenen Überschreitungen können auf kurzzeitige Infekte zurückgeführt und dürfen nicht überbewertet werden.

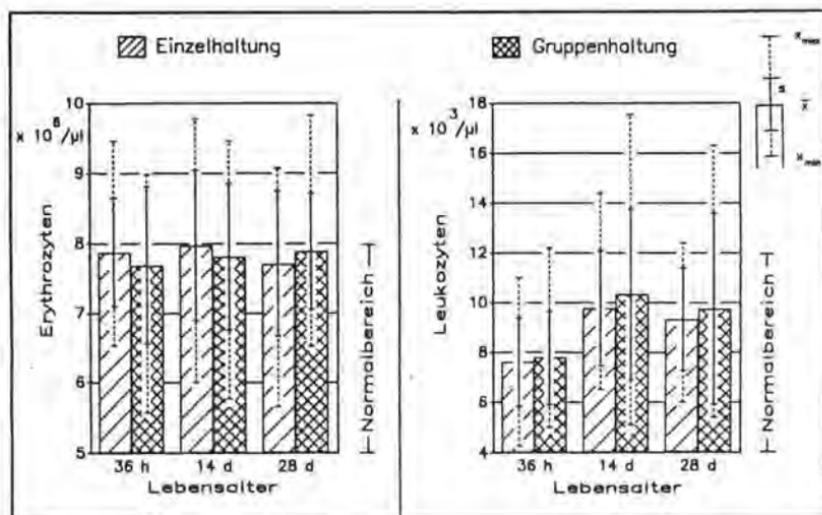


Abb. 10: Erythrozyten- und Leukozytenzahl im Blut der Kälber bei Einzel- und Gruppenhaltung.

Bemerkenswerte Unterschiede zeigen dagegen die bakteriologischen Untersuchungen des Nasensekrets (Abb. 11). So wurde die pneumotrope Bakterienart *Pasteurella multocida* am 14. und 28. Tag bei wesentlich mehr Tieren der Gruppenhaltung nachgewiesen, als dies bei den Tieren der Einzelhaltung der Fall war; *P. haemolytica* war dagegen aus keiner Nasensekretprobe zu isolieren, was auf die Vakzination mit dem stallspezifischen *P. haemolytica*-Impfstoff zurückzuführen ist. Der vermehrte Nachweis von *P. multocida* in der Gruppenhaltung weist auf einen höheren Infektionsdruck hin, der in erster Linie durch den direkten nasalen Kontakt gegeben ist. Die geringere Nachweishäufigkeit von *P. multocida* in der Einzelhaltung ist damit zu erklären, daß diese Bakterienart im luftgetragenen Zustand eine geringe Tenazität aufweist und somit eine aerogene Infektion über weitere Entfernungen ein seltenes Ereignis darstellt.

Der am Beispiel *P. multocida* aufgezeigte höhere Infektionsdruck spiegelt sich auch in den Resultaten der Bestimmung der IgA-Gehalte im Nasensekret wider; die Tiere der Gruppenhaltung wiesen am 28. Tag eine deutlich höhere IgA-Konzentration auf als die Tiere der Einzelhaltung (Abb. 12). Am Tag 14 war dagegen kein Unterschied feststellbar, was mit dem zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig entwickelten Immunsystem in Zusammenhang stehen dürfte. In dieser Phase ist somit ein gewisses Krankheitsrisiko gegeben und demzufolge eine besondere Sorgfalt in der Rationsgestaltung und Tierbetreuung angebracht. Daß trotz der höheren Inzidenz von *P.*

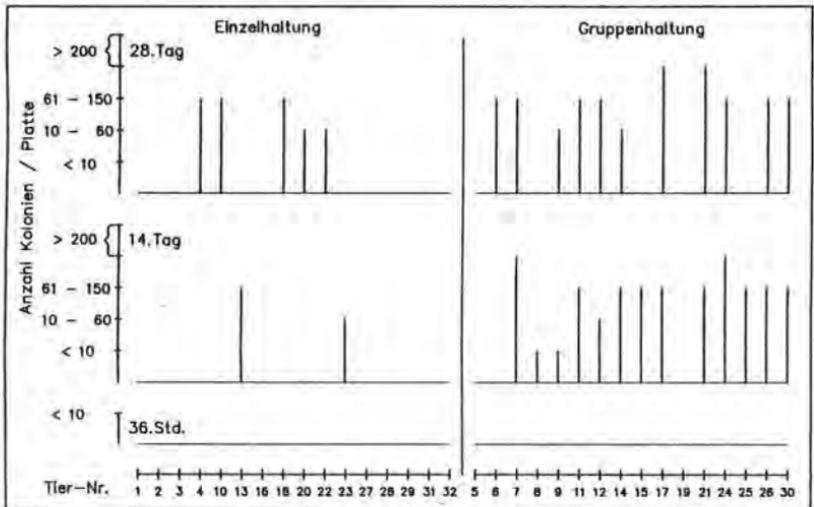


Abb. 11: Nachweisbarkeit von *Pasteurella multocida* bei Tieren in Einzel- und Gruppenhaltung.

*multocida* bei Kälbern in der Gruppenhaltung keine klinisch faßbaren Symptome einer Atemwegserkrankung feststellbar waren, ist zum einen auf die höheren Immunglobulinspiegel zurückzuführen, zum anderen auf die hygienisch einwandfreie Haltung und geringe Besatzdichte.

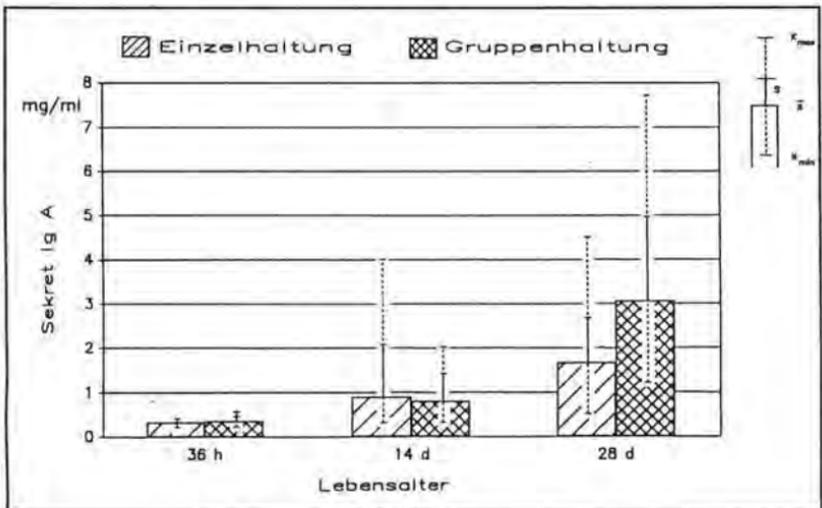


Abb. 12: Entwicklung des IgA-Gehalts im Nasensekret von Kälbern bei Einzel- und Gruppenhaltung.

## 5. Folgerungen und Ausblick

Tränkedosierautomaten eröffnen bei Wahrung der tierindividuellen Versorgung und Überwachung bereits in der Biestmilchperiode die Chance der artgerechten Gruppenhaltung. Durch die Kombiautomaten ist eine beliebige Mischung aus Vollmilch und Milchaustauschertränke möglich, so daß vielfältige Varianten der Rationsgestaltung und -anpassung an die jeweilige Aufzuchtphase gegeben sind.

Die Kälber nehmen die Tränketchnik ohne Probleme bereits nach den ersten Lebenstagen an. Um das Anlernen zu erleichtern und einen gesicherten Abruf zu gewährleisten, sollte der Altersunterschied in der Gruppe nicht zu groß sein. Vor allem bei größerer Besatzdichte ist für die Gruppe der jungen Kälber eine Altersbegrenzung auf 3 Wochen zu empfehlen.

Durch den direkten Körperkontakt ist bei der Gruppenhaltung eine stärkere Exposition der Tiere gegenüber Infektionserregern gegeben. Diesem höheren Infektionsdruck steht eine Mobilisierung des Abwehrsystems gegenüber. Dieser Sachverhalt, unter Voraussetzung einer optimal gestalteten Tierhaltung und -ernährung, legt den Schluß nahe, daß bei der Gruppenhaltung keine wesentlich höhere Erkrankungshäufigkeit als bei der Einzelhaltung zu erwarten ist.

Der frühzeitige Einsatz des Tränkeautomaten hat langfristig auch Auswirkungen auf das Haltungssystem. Wenn die Kälber 1 - 2 Tage nach der Geburt in der Abkalbebox bei der Mutter verbleiben, könnte eine unmittelbare Umstallung in die Gruppenbucht erfolgen. Bei entsprechendem Kälberanfall wäre damit ein völliger Verzicht auf die Einzelbox und die Nutzung der Tränkeautomaten in der arbeitssparenden und tiergerechten Gruppenhaltung über die gesamte Aufzuchtphase möglich.



# Kälberaufzucht an Tränkeautomaten in einem großen Milchviehbetrieb

Ernst Lindemann, M. Krockner und J. Kottenbeutel

## Einleitung

Die Struktur und die Größe landwirtschaftlicher Betriebe in den neuen Bundesländern weisen eine Reihe von Besonderheiten auf. Dies betrifft auch die Größenordnung der Milchviehbetriebe und die Zahl der Milchkühe je Betrieb.

Im Jahr 1991 wurden 96,5 % aller Milchkühe in Betrieben mit über 100 Kühen gehalten.

In großen Milchviehbeständen mit mehr als 400 Kuhplätzen ist die Kälberaufzucht nach den konventionellen Methoden auf längere Sicht nicht mehr möglich.

Dies betrifft vor allem die Einzelhaltung, die einstreulose Aufstallung und die Art und Weise der manuellen Tränkeverabreichung. Ein wichtiger Ansatz bei der Auswahl von ökonomisch vertretbaren und tierartgemäßen Haltungsverfahren ist die altersgerechte sowie arbeitskräfte- und primärenergiesparende Tränkkälberaufzucht. In all diesen Punkten gibt es in vielen Milchviehbetrieben der neuen Bundesländer einen zum Teil hohen Handlungsbedarf. Nicht nur deshalb, weil es nun eine besondere Ordnung zur Kälberhaltung gibt, konzentrieren wir unsere Aufmerksamkeit auf das Kalb, sondern weil wir wissen, daß das Kalb einen hohen tierschützerischen Stellenwert hat, es darum geht, seine physiologischen und ethologischen Ansprüche zu erfüllen. Es kommt darauf an das Vormagensystem der Tiere frühzeitig auf eine gute Futterverwertung vorzubereiten.

Ein Umdenken ist auch deshalb notwendig, weil Großbetriebe eine kontinuierliche Abkalbung haben, der Infektionsdruck permanent besteht und im Gegensatz zu früher in den meisten Betrieben die weiblichen Kälber zur Reproduktion des eigenen Kuhbestandes aufgezogen werden. Die Möglichkeiten die Kälberaufzucht haltungstechnisch zu gestalten sind vielfältig und variantenreich. Im folgenden sollen Erfahrungen aus einem Betrieb mit 800 Kühen, vorher 1930 Kuhplätze, dargelegt werden. Dabei wird deutlich, daß eine weitere Nutzung dieser Betriebe als Milchproduktionsanlage gut möglich ist.

---

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. habil Ernst Lindemann, M. Krockner, J. Kottenbeutel, Humboldt-Universität zu Berlin, FB Tierhaltungssysteme, Philippstr. 13, 10115 Berlin.

## Haltungstechnische Bedingungen

Für die Aufzucht der weiblichen Kälber wurden vier Kälberabteile mit jeweils 22 Tierplätzen (1,64 m<sup>2</sup> je Tier) eingerichtet. Damit können bei einer Haltungszeit von 94 Tagen unter den Bedingungen einer kontinuierlichen Abkalbung ständig 88 Kälber gehalten werden. Die Haltung erfolgt auf Stroh, bei wachsendem Dungstapel und einer Entmistung nach dem Ausstallen am 94. Haltungstag. Es herrschen kaltstallähnliche Bedingungen. Die Kälber haben die Möglichkeit ab dem zweiten Lebenstag Heu und Kälberaufzuchtfutter aufzunehmen. Die Wasserversorgung erfolgt über Selbststränken (Abb. 1).

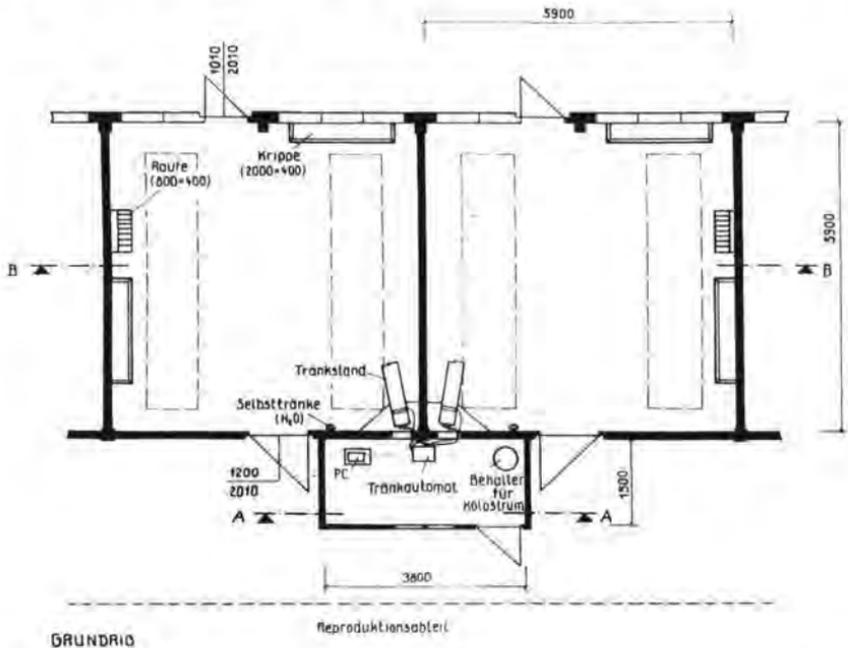


Abb. 1: Umgebauter Kälberboxen einer 1930er Milchviehanlage.

Zur Versorgung der Kälber werden rechnergestützte Tränkeautomaten vom Typ „Stand alone“ eingesetzt. Durch den Einsatz dieser Automaten als Kombiautomat ist eine Verabreichung von Kolostrum, Milch und/oder Milchaustauscher möglich. Ein Tränkeautomat versorgt mit Hilfe einer Drehschiebersteuerung je eine Saugstelle in zwei Gruppenboxen, also 44 Kälber. Die Technik kommt mit all ihren Funktionen zum Einsatz. Getränkt wird nach dem in Abb. 2 dargestellten Tränkeplan.

Für die Aufzucht der männlichen Kälber bis zum Verkauf in der zweiten Lebenswoche werden zwei weitere Kälberabteile genutzt. Diese Kälber werden mit einem ad libitum Tränkeautomaten (2 x 2 Saugstellen) ohne Tiererkennung mit sauer gelegtem Kolostrum/Milch getränkt.

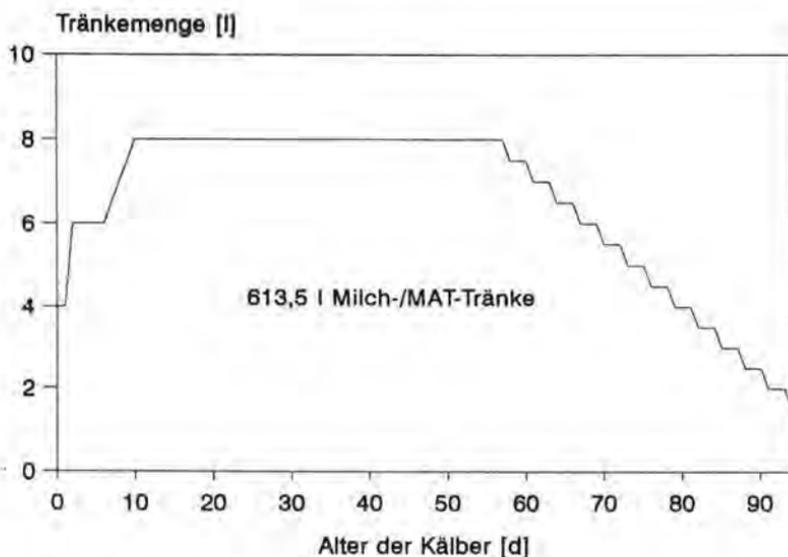


Abb. 2: Tränkeplan für Aufzuchtkälber

### Technologischer Ablauf

Die Abkalbung erfolgt in einer Gruppenabkalbebox. Am ersten Lebenstag bleibt das Kalb bei der Kuh, allerdings nehmen nach unseren Beobachtungen nur 50 % der Kälber das Erstkolostrum direkt vom Euter auf. Alle anderen Kälber bekommen das Kolostrum mit der Flasche. Nach der Kolostrumaufnahme werden die Kälber am Abend des ersten Tages oder am zweiten Tag in die Gruppenbox eingestallt, wo das Antränken der Kälber nach einer kurzen Eingewöhnungszeit von etwa zwei Stunden am Automaten erfolgt. In den ersten Lebenswochen erhalten die Kälber Mischkolostrum, das mit einem Zusatz von einer 10-%igen Ameisensäure dickgelegt wird.

Das Antränken ist bei vitalen und gesunden Kälbern unproblematisch. Ab zweiter Lebenswoche kann durch Kombiautomaten Übermilch und/oder Milchaustauscher vertränkt werden, dabei ist ein schrittweiser Übergang von Milch zu Austauschtränke empfehlenswert. Bei kontinuierlicher Belegung der Kälberabteile wird nach dem Grundsatz verfahren, so lange Milchkolostrum zu vertränken, bis das zuletzt eingestellte Kalb der Gruppe vier Tage alt ist. Der Altersunterschied der Kälber einer Gruppe beträgt dann maximal 21 Tage.

Unsere ethologischen Untersuchungen ergaben eine Aufenthaltsdauer von ca. 24 min. je Kalb und Tag am Tränkeautomaten. Aus diesem Grund wurden vier Tränkezeiten pro Tag gewählt. Um die Aktivitätsspitzen bei der Tränkeaufnahme, die von den programmierten Tränkezeiten maßgeblich beeinflusst werden, auseinanderzuziehen, wurden die Tränkezeiten für die beiden Saugstellen an einem Automaten um jeweils zwei Stunden versetzt.

## Ergebnisse

Der Erfolg oder Mißerfolg einer solchen Kälberaufzucht kann nicht nur anhand von Leistungsdaten, wie tägliche Zunahme, Lebendmasse am 100. Lebenstag oder ähnlichen Parametern bewertet werden. Aussagen zur Tiergesundheit, zum Tierverhalten und zur Tränke sowie Futteraufnahme sind dazu unbedingt notwendig.

Im Verlauf der letzten 12 Monate wurden insgesamt 240 Kälber nach dem beschriebenen Verfahren aufgezogen. Erste Ergebnisse als tendentielle Aussage lassen sich wie folgt darstellen:

### Lebendmasseentwicklung

Die Lebendtagszunahme beträgt bei der ausgewerteten Versuchsgruppe (n = 20) 851 g. Die Zunahme für die einzelnen Haltungswochen ist aus den Abbildungen 3 und 4 zu ersehen. Deutlich wird der nahezu lineare Anstieg. Insgesamt hat der Futtermittelverbrauch je Tier folgenden Umfang:

- 299,35 l Kolostrum/Milch
- 32,83 kg Milchaustauscher
- 22,50 kg Heu
- 134,40 kg Kälberaufzuchtfutter, pelletiert.

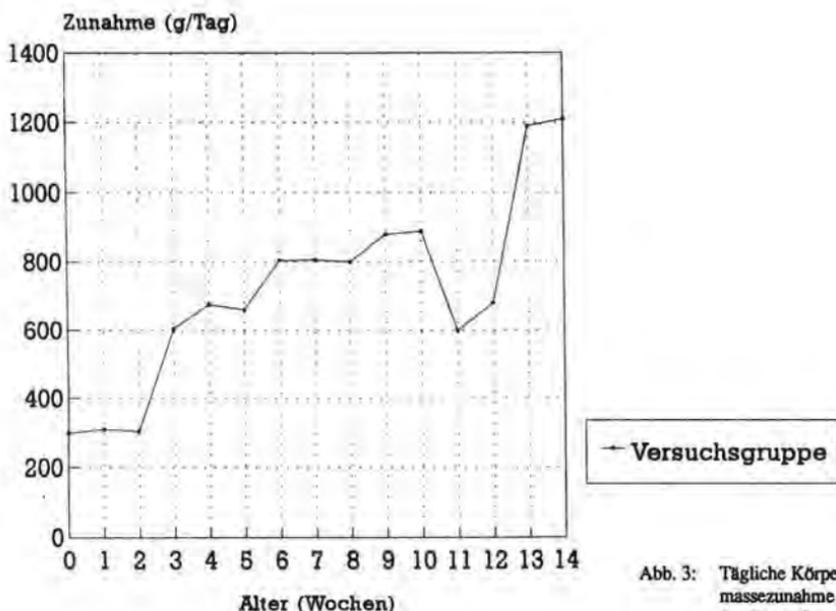


Abb. 3: Tägliche Körpermassezunahme der Versuchsgruppe.

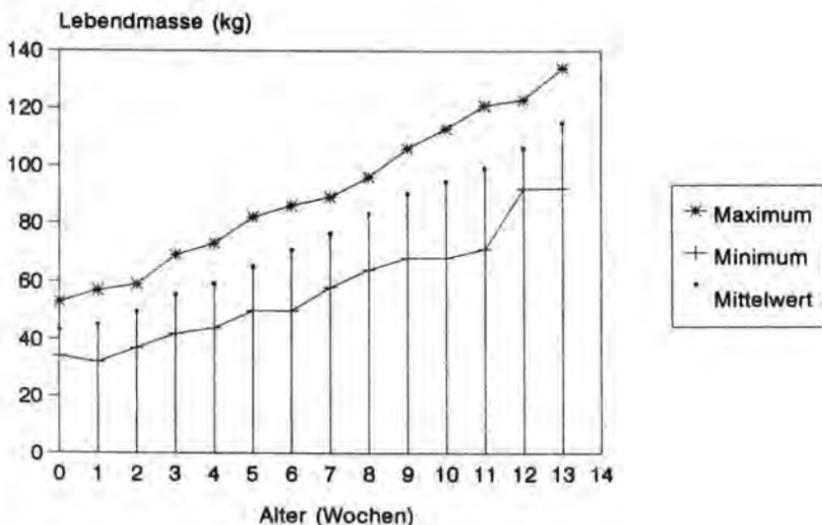


Abb. 4: Körpermasseentwicklung.

### Automatenbesuche

Die Anzahl der Automatenbesuche wird in Abbildung 5 gezeigt. Nach einem erkrankungsbedingten Rückgang in der zweiten Lebenswoche sind Besuchsspitzen in der dritten und mit geringer werdender Tränkemenge in der elften Lebenswoche erkennbar.

Den Kälbern wurden vier Tränkezeiten um 4<sup>00</sup>, 9<sup>00</sup>, 14<sup>00</sup> und 19<sup>00</sup> Uhr vorgegeben. Durch den hohen Anteil abgebrochener Versuche bis zur 5. Lebenswoche ist der Pik bei den hohen Besuchen mit Anspruch in der dritten Lebenswoche erklärbar.

### Trinkgeschwindigkeit

Die Trinkgeschwindigkeit steigerte sich mit dem Lebensalter kontinuierlich und weist eine sehr starke Schwankungsbreite zwischen den einzelnen Tieren auf.

Ab dem 50. Lebenstag fiel sie mit gesteigerter Beifutteraufnahme wieder ab. In der Versuchsgruppe wurde ein Sauger mit Kreuzschlitz verwendet (Abb. 6).

### Tiergesundheit

Seit der Verwendung von sauergelegter Milch konnte das Krankheitsgeschehen im untersuchten Betrieb deutlich verringert werden (Abb. 7). Betragen die Verluste bei der herkömmlichen Haltung ca. 19 % so betragen sie zur Zeit 3,4 %. Behandlungen wurden bei 45 % der Kälber wegen unspezifischer Durchfälle in den ersten drei

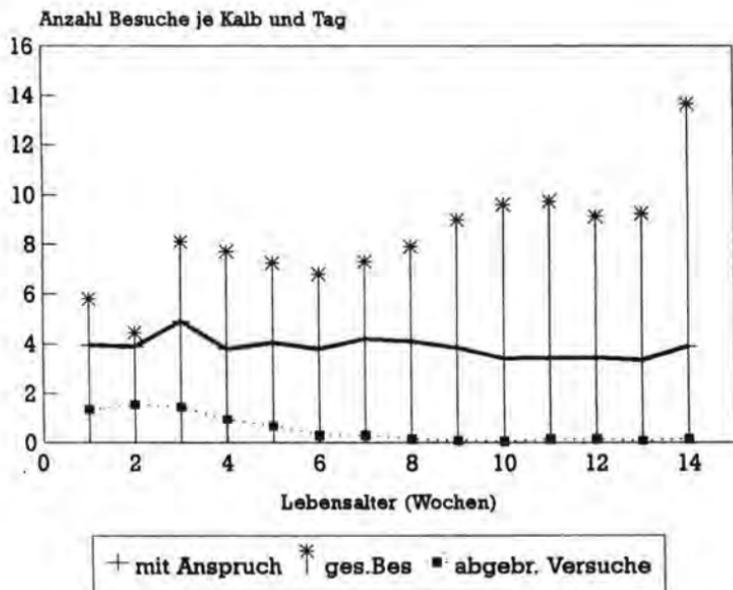


Abb. 5: Besuchsfrequenz der Kälber am Tränkeautomaten.

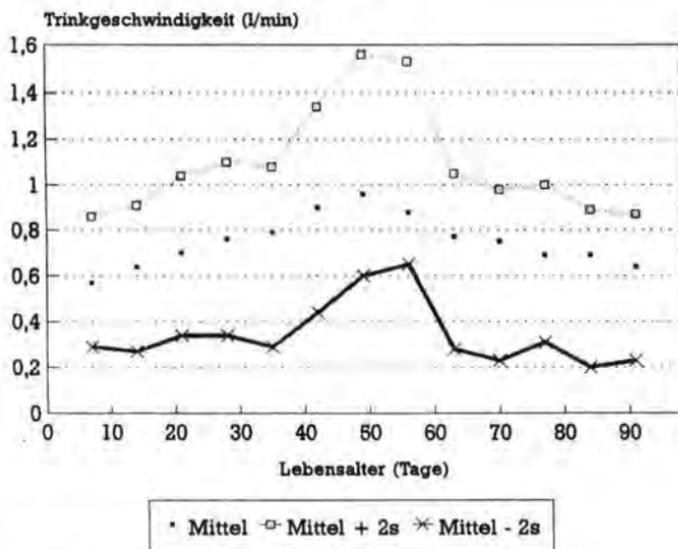


Abb. 6: Trinkgeschwindigkeit.

Lebenswochen vorgenommen. Dabei kamen Vitaminpräparate zur Anwendung. Im Bedarfsfall erfolgte eine ein- oder zweimalige Gabe von Streptipen.

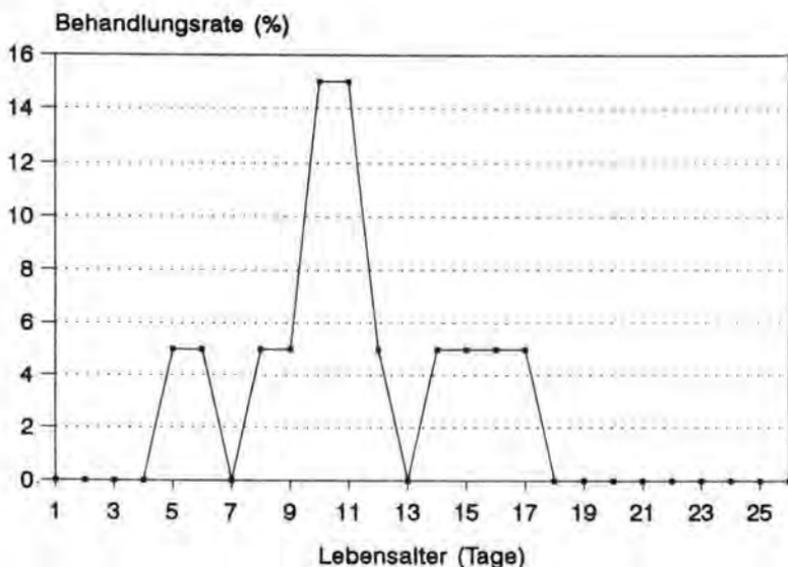


Abb. 7: Veterinärmedizinische Behandlungen.

### Zusammenfassung

Eine ganzjährige Aufzucht von Kälbern unter Kaltsstallbedingungen, auf Tiefstreu ist mit dem Tränkeautomat „stand alone“ auch in großen Milchviehbetrieben möglich. Durch die Verwendung von Kombiautomaten können bereits Kälber ab dem zweiten Lebenstag versorgt werden. Es entfallen dadurch weitere Umstellungen. Jedoch sind die arbeitswirtschaftlichen Konsequenzen durch den Einsatz der Tränkeautomaten noch weiter zu untersuchen, Vorteile und Zeiteinsparungen auszuweisen und Probleme zu analysieren.



## **Bedeutung der Laufgangausführung in Kuhställen hinsichtlich Tiergesundheit und Tierleistung**

**Franz-Josef Bockisch und Hans-Dieter Gründer**

Mehr denn je gilt es in der Milchkuhhaltung durch eine angepaßte Haltungstechnik, die Tiergesundheit prophylaktisch zu fördern und den ethologischen Anforderungen der Tiere gerecht zu werden. Versucht man diese Forderungen umzusetzen, dann sind in der Regel auch ökonomische Vorteile zu erwarten. Dies sind beispielsweise eine verlängerte Nutzungsdauer, geringere Krankheitsraten und damit reduzierte Tierarztkosten sowie niedrigere jährliche Abgangsraten z. B. wegen Klauen- und Gliedmaßenkrankungen (s. z. B. BOCKISCH 1990). Übliche Laufstallhaltungssysteme in der Milchkuhhaltung sind derzeit Liege- bzw. Freßliegeboxenlaufställe. Diese Stallvarianten sind grundsätzlich Mehrflächenlaufställe, da die Bodenausführung zumindest in den Boxen und auf den Laufgängen unterschiedlich ist. Damit besteht die Möglichkeit, die Laufgänge speziell den Anforderungen des laufenden bzw. stehenden Rindes bestmöglich anzupassen. Die grundlegenden Forderungen können dafür unabhängig von der speziellen Ausführungsform folgendermaßen zusammengefaßt werden: Die Laufgänge sollten trocken und trittsicher sein, keine klauengefährdenden Ausführungsdetails haben sowie möglichst eine natürliche Klauenhornabnutzung gewährleisten.

### **Lösungsansätze zur Beurteilung von Laufgängen**

Das Ziel aus wissenschaftlicher Sicht zur Verbesserung der Haltungstechnik – hier Stallfußböden der Laufgänge – muß sein, objektive und möglichst schnell arbeitende Beurteilungsmethoden zu haben, um neue Laufgangausführungen bzw. verbesserte oder schon in Nutzung stehende Ausführungen exakt einordnen zu können. Diese Methoden sollten möglichst ohne die Indikatorfunktion der Tiere auskommen. Allerdings sollten die in Frage kommenden bzw. noch zu entwickelnden „tierunabhängigen“ Beurteilungs- oder Meßmethoden einen hohen Zusammenhang haben mit den Auswirkungen, die am Tier bzw. den Klauen entstehen. Denn letztlich ist entscheidend, wie sich die Laufgangausführung auf die Klauen der Kühe auswirkt. Daher ist zur sicheren Beurteilung und Entwicklung von „schnelleren“ Methoden immer eine detaillierte und fachmännische Erfassung des Klauenzustandes wichtig.

---

Anschriften der Autoren: AOR PD Dr. habil. F.-J. Bockisch, Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität, Braugasse 7, 35390 Gießen; Prof. Dr. med.vet. H.-D. Gründer, Medizinische und Gerichtliche Veterinärklinik II - Innere Krankheiten der Wiederkäuer der Justus-Liebig-Universität, Frankfurter Str. 110, 35392 Gießen

Mögliche „tierunabhängige“ Beurteilungskriterien sind die Erfassung eines Gleitreibungsbeiwertes (z. B. MULITZE 1989), die Messung der Bodenfeuchte (z. B. MEYER 1985; BOCKISCH & BOXBERGER 1991), die Bestimmung des SRT-Wertes (ermittelt mit dem Skid-Resistance-Tester) z. B. MULITZE 1989; BOCKISCH & BOXBERGER 1991) und bei neuen Böden die Anwendung der DIN 51 097 (z. B. MULITZE 1989). Für perforierte Böden müssen zusätzlich die Klauenabmessungen, die Belastung der Klauensohle, der Schlitzflächenanteil und die Selbstreinigungseigenschaften berücksichtigt werden (z. B. PFADLER 1982; GREIF 1982). Aufgrund vielfältiger Untersuchungen erscheint die Bestimmung des SRT-Wertes, eine gleichzeitige Erfassung der Bodenfeuchte und bei neuen Böden die Anwendung der DIN 51097 als sinnvoller Lösungsansatz. Allerdings sind hierzu noch eine Reihe systematischer Untersuchungen notwendig.

### Material und Methode

In die Untersuchungen, die im folgenden dargestellt werden sollen, sind nur Liegeboxenlaufställe eingegangen, deren Laufgänge planbefestigt oder als Spaltenboden [Einzelbalken (EB) oder Flächenelemente (FE)] ausgeführt waren. Die Konzentration auf die Liegeboxenlaufställe erfolgte, da diese Laufstallhaltungsform für Milchkühe stark verbreitet ist. Insgesamt wurden 19 Laufställe mit jeweils durchschnittlich 50 Kühen über ein Jahr von KÖBRICH (1993) und SCHLIMM (1993) untersucht. Innerhalb des Untersuchungsjahres fanden in jedem Stall drei Untersuchungsperioden statt. Die vorgefundene Rinderrasse war vornehmlich Schwarzbunt mit HF-Einkreuzung.

Die Funktionsmaße bei den Laufgängen, die aus Einzelbalkenspaltenböden bestanden, bewegten sich für die Auftrittsbreite zwischen 13,0 und 15,0 cm mit einem Mittelwert von 14,7 cm (Tab. 1). Die Schlitzweiten reichten von 3,5 bis 4,5 cm bei einem Mittelwert von 3,9 cm. Die Flächenelemente hingegen hatten wesentlich günstigere Funktionsmaße mit durchschnittlich 3,6 cm Schlitzweite und 8,3 cm Auftrittsbreite. Interessant ist auch, daß die Flächenelemente hauptsächlich in neueren Ställen vorkommen, obwohl diese auch seit über 15 Jahren im Handel erhältlich sind.

Neben den bautechnischen Maßen zur Laufgangausführung wurden auch weitere stalltechnische Parameter erfaßt. Zudem sind alle erfaßten Kühe vermessen worden, so daß Stalleinrichtungselemente jeweils in Bezug zum Individuum betrachtet werden können. Für die Laufgänge sind zusätzlich mit Hilfe eines SRT-Gerätes jeweils entsprechende Daten erhoben worden. Kernstück der Untersuchungen war eine möglichst exakte Erfassung des Klauenzustandes der Kühe. Ergänzend wurde das gesamte Tier nach tierärztlichen Kriterien beurteilt.

Tab. 1: Daten zu den erfaßten Laufgängen.

Kriterium	Ein- heit	Mit- tel- wert	min	max
Balkenbreite - Einzelbalken (EB)	[cm]	14,7	13,0	15,0
Schlitzweite - Einzelbalken (EB)	[cm]	3,9	3,5	4,5
Balkenbr. - Flächenelemente (FE)	[cm]	8,3	8,0	9,0
Schlitzw. - Flächenelemente (FE)	[cm]	3,8	3,5	4,0
Schlitzlänge - Flächenelemente	[cm]	26,0	17,0	26,0
Länge eines Laufgangs	[m]	26,5	16,0	41,0
Breite eines Laufgangs	[cm]	2,6	1,9	3,3
Gesamtfläche Laufbereich	[m <sup>2</sup> ]	166,0	124,0	166,0
Lauffläche pro Kuh	[m <sup>2</sup> ]	3,2	1,7	4,6
Alter der Ställe mit planbe- festigtem Boden	[Jahre]	15,4	13,0	20,0
Alter der Ställe mit Einzel- balken	[Jahre]	10,6	6,0	14,0
Alter der Ställe mit Flächen- elementen	[Jahre]	5,6	3,0	7,0

Nach KÖBRICH (1993) und SCHLIMM (1993) können die Klauenveränderungen in vier Hauptkategorien untergliedert werden:

1. Formen und Schweregrade isolierter Sohlenveränderungen (Abb. 1)
2. Formen und Schweregrade isolierter Ballenveränderungen (Abb. 2)
3. Formen und Schweregrade zusammenhängender Veränderungen (Abb.2)
4. Formen und Schweregrade von Sohlenüberständen.

Weiterhin wurden noch zwei Hauptgruppen von Klauenerkrankungen unterschieden:

5. Formen und Schweregrade von Doppelsohlen (Abb. 1)
6. Lokalisation von Klauenlederhautentzündungen (Abb. 3).

Um eine weitere Differenzierung zu ermöglichen, sind die jeweiligen Veränderungen nach unterschiedlichen Schweregraden unterschieden worden: keine, leichte, mittlere und schwere Veränderung. Mit dieser systematischen Vorgehensweise bei der Klauenbeurteilung konnte dann eine statistisch auswertbare Datengrundlage geschaffen werden. Dabei wurden zunächst beschreibende Statistiken erstellt, anschließend erfolgten Mittelwertvergleiche sowie schrittweise multiple und logistische Regressionsanalysen, um mögliche Zusammenhänge zwischen spezieller Ausführung der Stalleinrichtung, Beurteilungsmethoden und dem Zustand der Tiere zu prüfen.

## Ergebnisse

Zur Darstellung von Trends bei den Auswertungen, sind die Laufgangausführungen häufig in die drei Hauptgruppen Einzelbalken, Flächenelemente und planbefestigte Laufgänge unterschieden worden.



Formen isolierter Sohlenveränderungen

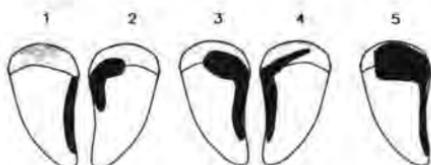


Formen und Lokalisation von Doppelsonnen

Abb. 1: Systematik zur Erfassung von Klauenveränderungen nach KÖBRICH (1993) und SCHLIMM (1993).

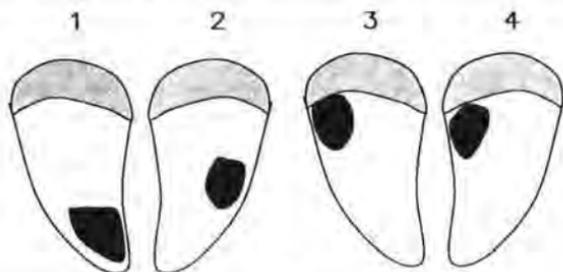


Formen isolierter Ballenveränderungen



Formen zusammenhängender Veränderungen  
von Ballen und Sohle im Zwischenklauenbereich

Abb. 2: Systematik zur Erfassung von Klauenveränderungen nach KÖBRICH (1993) und SCHLIMM (1993).



Lokalisation von Klauenlederhautentzündungen

Abb. 3: Systematik zur Erfassung von Klauenlederhautentzündungen nach KÖBRICH (1993) und SCHLIMM (1993).

Aus dem umfangreichen Daten- und Ergebnismaterial können hier nur einige Analysen exemplarisch dargestellt werden.

Für die Betrachtung des Kriteriums „isolierte Sohlenveränderungen“ anhand von 8.728 Klauenhälften zeigt sich, daß bei den Einzelbalkenspaltenböden 40 % der Klauenhälften keine Veränderungen aufwiesen. Bei den Flächenelementen hingegen lag dieser Anteil bei rund 48 %. Die planbefestigten Böden waren mit rund 43 % etwas besser als die Einzelbalkenböden (Abb. 4). Betrachtet man den Anteil der Klauenhälften mit schweren Veränderungen in Bezug auf die Bodenausführung, so ergibt sich die selbe Reihung von gut bis schlecht. Die Einzelbalkenspaltenböden haben den höchsten Anteil mit schweren Veränderungen (knapp 5 %); die Flächenelemente dagegen den niedrigsten Anteil (ca. 2 %). Dabei unterschieden sich die Mittelwerte hochsignifikant ( $p \leq 0,01$ ).

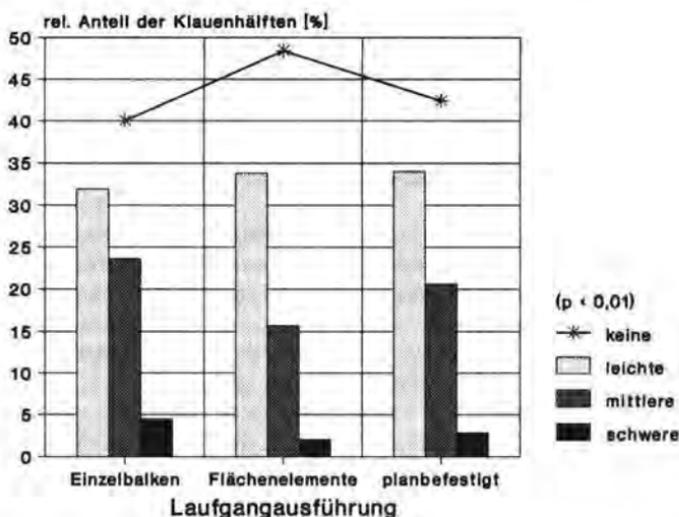


Abb. 4: Isolierte Sohlenveränderungen in Abhängigkeit der Laufgangausführung (n = 8728 Klauenhälften; Datengrundlage nach SCHLIMM 1993).

Für das Kriterium „isolierte Ballenveränderungen“ sehen die Ergebnisse etwas anders aus. Hier haben zwar ebenfalls die Flächenelemente den höchsten Anteil an nicht veränderten Klauenhälften, aber die planbefestigten Laufgänge schneiden hier am ungünstigsten ab (Abb. 5). Vergleicht man jedoch zusammengefaßt den Anteil der mittleren und schweren Veränderungsgrade, so zeigen sich die gleichen Relationen wie beim Kriterium „isolierte Sohlenveränderungen“.

Für die perforierten Laufgangausführungen konnte u. a. eine spezielle Analyse angestellt werden und zwar wurden die Niveauunterschiede zwischen den einzelnen Betonbalken bzw. Flächenelementen festgehalten. Dabei wurden für die Auswertungen die Niveauunterschiede in zwei Kategorien unterteilt. Zum einen in die Kategorie „ja“, wenn bei mehr als 15 % der einzelnen Balken bzw. der einzelnen Elemente ein

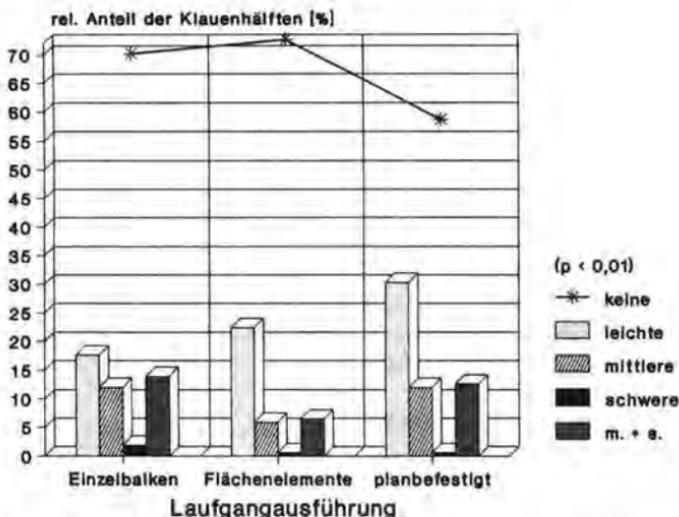


Abb. 5: Isolierte Ballenveränderungen in Abhängigkeit der Laufflächenausführung (n = 8728 Klauenhälften; Datengrundlage nach SCHLIMM 1993).

Niveaunterschied von größer als 0,5 cm (bis über 2 cm) vorhanden war. Zum anderen in die Kategorie „nein“, wenn dies bei weniger als 85 % der Einzelteile vorkam, bzw. der Niveaunterschied kleiner als 0,5 cm war. Ein Beispielsergebnis zu dieser Problematik zeigt, daß der Anteil isolierter Sohlenveränderungen an den Klauenhälften deutliche Abhängigkeiten zu den Niveaunterschieden aufweist. So sind bei der Kategorie „nein“ sowohl bei den Einzelbalken als auch bei den Flächenelementen, deutlich mehr Kühe mit nicht veränderten Klauenhälften gegenüber der Kategorie „ja“ zu finden (Abb. 6). Dabei ist der Unterschied zwischen den beiden Kategorien bei den Flächenelementen aber deutlich geringer. Ähnlich sieht es aus, wenn man die mittleren und schweren Veränderungsgrade vergleicht. Hier sind bei den Einzelbalkenböden in der Kategorie „ja“ immer deutlich mehr Tiere mit veränderten Klauenhälften zu finden. Neben den grundsätzlich besseren Funktionsmaßen bei den Flächenelementen dürfte für diesen Aspekt ausschlaggebend sein, daß bei den FE pro Flächeneinheit Laufgang deutlich weniger Niveaunterschiede auftreten können, da die FE meistens eine breite von rund 110 cm hatten. Diese Tendenz bei den Klauenveränderungen in Bezug zu den Laufgangausführungen wird prinzipiell bestätigt, wenn Veränderungsdaten in Abhängigkeit des Anteils von losen Balken bzw. Elementen analysiert werden. Auch hier ist der Anteil der mittleren und schweren Veränderungsgrade bei Einzelbalken deutlich höher als bei Flächenelementen.

Sohlenüberstände an den Klauen können Hinweise auf die potentielle Gefahr von möglichen Klauenlederhautentzündungen sein. Daher ist der Beurteilungsgrad zu Sohlenüberständen von 8.728 Klauenhälften in Abhängigkeit der Laufgangausführung betrachtet worden (Abb. 7). Für den Anteil der Klauen, die keine

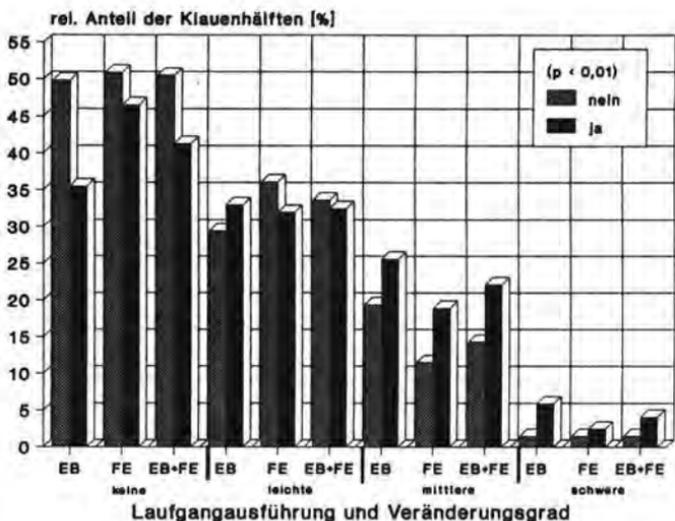


Abb. 6: Isolierte Sohlenveränderungen in Abhängigkeit von Niveauunterschieden in der Lauffläche (ja = Differenz > 0,5 cm; n = 6120 Klauenhälften; Datengrundlage nach SCHLIMM 1993).

Veränderungen und Veränderungen vom Grad I haben, zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den isolierten Sohlenveränderungen. Die Veränderungen des Grades II nehmen von den Einzelbalken über die Flächenelemente hin zu den planbefestigten Böden ab.

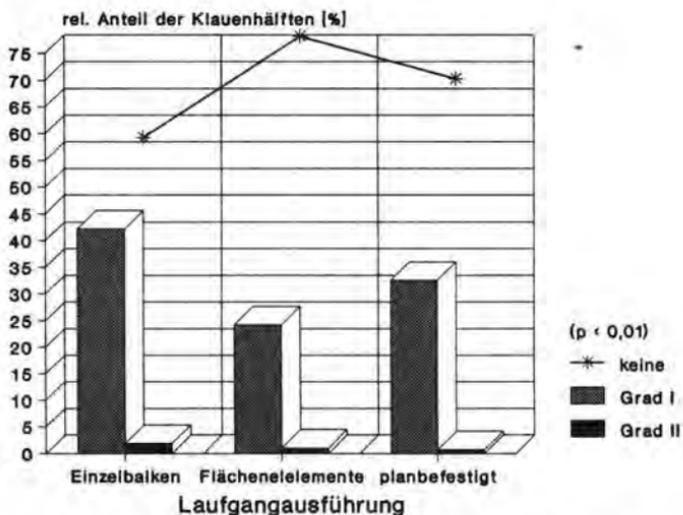


Abb. 7: Sohlenüberstände in Abhängigkeit der Laufflächenausführung (n = 8728 Klauenhälften; Datengrundlage nach SCHLIMM 1993).

Unabhängig von der technischen Ausführung der Lauffläche wurde für alle Ausführungsvarianten der SRT-Wert ermittelt. In der Auswertung sind für die ermittelten SRT-Werte vier Gruppen gebildet worden. Vorauszuschicken ist, daß man beim SRT-Wert davon ausgehen kann, daß bei zunehmendem Wert auch die Griffigkeit oder Rauhgigkeit der gemessenen Oberfläche zunimmt. Es ist also tendenziell bei höherem SRT-Wert - nach derzeitigem Kenntnisstand - auch eine bessere Trittsicherheit zu erwarten. Zu diesem Aspekt sind beispielhaft die „isolierten Sohlenveränderungen“ in Abhängigkeit des SRT-Wertes der Laufflächenausführung betrachtet worden (Abb. 8). Eindeutig ist zu erkennen, daß bei zunehmendem SRT-Wert auch der Anteil der Kühe, die keine Veränderungen an den Klauen haben zunimmt. Bei den mittleren und schweren Veränderungsgraden ist die Tendenz zwar nicht so einheitlich, jedoch geht der Anteil von Tieren mit mittleren und schweren Veränderungen bei höherem SRT-Wert auch eher zurück.

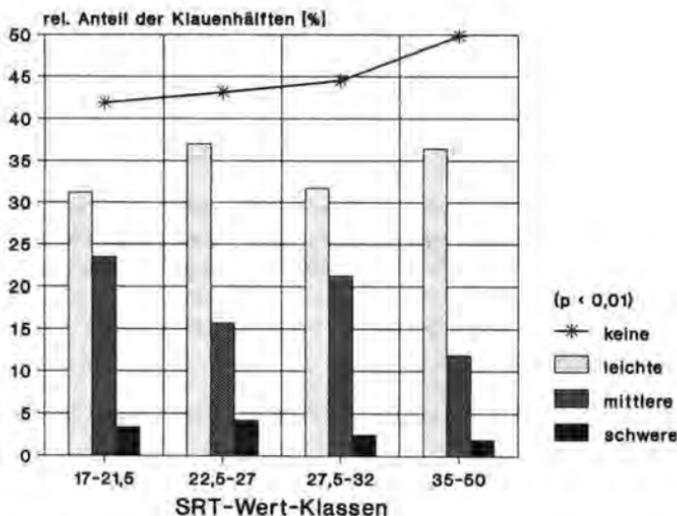


Abb. 8: Isolierte Sohlenveränderungen in Abhängigkeit des SRT-Wertes der Laufflächenausführung.

Eine spezielle Untersuchung von KÖBRICH (1993) zum Einfluß des individuellen Angepaßtheitsgrades der Liegeboxen unter Berücksichtigung der Laufgangausführung ergab keine einheitlichen Tendenzen hinsichtlich der Ursachenklärung, ob der Einfluß der „nicht angepaßten“ Liegeboxe auf das Vorkommen von Klauenveränderungen größer ist als der Einfluß der Laufgangausführung. Hier besteht noch erheblicher Handlungsbedarf - vor allem verursacht durch die vielfältigen Interaktionen - zur Klärung kausaler Zusammenhänge. Allerdings erscheint es aufgrund dieser neueren Untersuchung angebracht, der Laufgangausführung hinsichtlich des Klauenzustandes eine deutlich größere Bedeutung beizumessen als der Liegeboxengestaltung. Dennoch geht aus der Arbeit von KÖBRICH (1993) hervor, daß für einen guten Gesamtgesundheitszustand des Tieres eine angepaßte Liegeboxengestaltung notwen-

dig ist, was grundsätzlich dann auch auf die Klauengesundheit keinen negativen, sondern positiven Einfluß hat. Damit kann trotzdem festgehalten werden, daß zum Erreichen von bestmöglichen Gesundheitszuständen der Kühe in Liege- und Freßliegeboxenlaufställen sowohl die Laufgänge als auch die Boxen tierangepaßt ausgeführt sein müssen.

### Diskussion und Ausblick

Für die bauliche Umsetzung von Anforderungen der Kühe, insbesondere aus der Sicht der Tiergesundheit und des -verhaltens, ist es immer hilfreich, wenn deren Erfüllung mit ökonomischen Kriterien einhergeht. Anschaulich und wirkungsvoll ist die Argumentation, wenn die Forderungen direkt mit den üblichen Leistungskriterien einhergehen würden, z. B. mit der Milchleistung bei den Kühen oder der Fleischleistung bei Mastrindern. Zu diesem Aspekt liegen allerdings bis jetzt nur wenige Daten vor. Einige ältere Literaturstellen weisen darauf hin, wenn Klauenveränderungen, Klauenlederhautentzündungen und Lahmheiten häufiger auftreten, dann ist mit 5 bis 20 % weniger Milchleistung zu rechnen (Tab. 2). Bei der Fleischleistung werden Größenordnungen von 25 % verringertes Schlachtgewicht oder 100 kg weniger Fleischzuwachs pro Rind und Jahr angegeben.

Tab. 2: Leistung in Abhängigkeit von Klauenveränderungen, -lederhautentzündungen und Lahmheiten.

AUTOR	(JAHR)	Reduzierung
<u>MILCHLEISTUNG</u>		
ANDRIST	(1950)	um 5 - 20 %
KNEZEVIC	(1960)	um 10 %
MIETH u. RITTER	(1968)	um 1000 kg Milch/Kuh u. Jahr
PRANGE	(1968)	um 15 %
<u>FLEISCHLEISTUNG</u>		
WEAVER	(1964)	um 25 % verringertes Gewicht
MIETH u. RITTER	(1968)	100 kg Fleisch pro Rind und Jahr

Die erwähnte Größenordnung aus der Literatur für die Milchleistung deckt sich mit quantifizierten Erfahrungen, die in Untersuchungen am Institut für Landtechnik in Weihenstephan gemacht wurden. Hier wurde innerhalb eines Jahres bei einer Milchkuhherde mit 50 bis 60 Kühen eine durchschnittliche Milchleistungssteigerung um bis zu 1.000 kg pro Kuh und Jahr erreicht (BOCKISCH 1985; KEMPKENS 1989). Die Milchleistung ging zwar im Laufe der Zeit wieder etwas zurück, blieb aber gegenüber dem Zeitraum von vier Jahren vorher noch um durchschnittlich 600 kg höher. Die Kühe wurden in einem üblichen 3-reihigen Liegeboxenlaufstall gehalten. Die erwähnte Milchleistungssteigerung wurde hauptsächlich erreicht durch eine

Verbesserung der Laufgänge in diesem Stall. Aus versuchstechnischen Gründen wurden 1982 in dem Laufstall innerhalb von zwei Wochen die Laufgänge und die Liegeboxen ausgewechselt. Damit waren alle Rahmenbedingungen gleich, inklusive des Stallklimas, Management und Tiermaterial. Beispielsweise hat sich auch nichts am Futteraufnahmeverhalten geändert. Hervorzuheben ist noch, daß bereits vor dem Umbau der Laufgänge diese aus Spaltenbodenflächenelementen bestanden. Hauptunterschied in der neuen Version war, daß die Elemente bessere Funktionsmaße hatten.

Bringt man in diese Überlegungen zur Verbesserung der Laufgänge bzw. zu deren ordnungsgemäßer Ausführung noch den Aspekt ein, daß rund 50 % einer Kuhherde in üblichen Liegeboxenlaufställen mehr als 600 m Wegstrecke pro Tier und 24 Stunden (Maximalwerte bis 2500 m) zurücklegen, dann sollte einer tierangepaßten Laufflächengestaltung höchste Priorität zugeordnet werden. Denn bei unsachgemäßer Laufgangausführung und hohen Wegstrecken potentiert sich für die Kühe mit viel Wegstrecke die Klauenverletzungsgefahr.

Für die „tierunabhängige“ Methodenentwicklung kann festgehalten werden, daß die Messung des SRT-Wertes Zusammenhänge zu den Auswirkungen am Tier aufweist - unabhängig von der speziellen baulichen Ausführungsvariante. Damit sind konkrete Anhaltspunkte vorhanden, um die Entwicklung der „tierunabhängigen“ objektiven und damit reproduzierbaren Methode voranzutreiben. Insbesondere ist an eine Erhöhung der Datenbasis gedacht und die gleichzeitige Erfassung von Werten mittels der Bodenfeuchtemeßmethode sowie die Kombination mit Meßwerten nach der DIN 51 097.

Für weiterführende Untersuchungen ist erheblicher Forschungsbedarf zur objektiven Einordnung hinsichtlich tiergesundheitlicher Kriterien bei eingestreuten und teileingestreuten Laufgang- bzw. Laufhofausführungen vorhanden. Hier wird ein Schwerpunkt zukünftiger interdisziplinärer (Haltungstechnik/Veterinärmedizin) Untersuchungen an der JLU in Gießen liegen.

Für die Umsetzung derzeit bekannter Forderungen ist es notwendig bei perforierten Böden nur Flächenelemente, die eine Auftrittsbreite von 8 cm, besser noch 7 cm (nach der neuen DIN 18 908 ist dies aus statischen Gründen möglich), haben sollten, einzusetzen. Die Schlitzweite sollte je nach Einsatzbereich (z. B. Laufgang am Freßgitter oder Laufgang zwischen den Liegeboxenreihen) zwischen 2,5 und 3,5 cm liegen. Bei der Ausführung als planbefestigter Boden ist zu fordern, daß bessere Entmistungstechniken bzw. Reinigungstechniken entwickelt werden müssen, damit die Laufflächen sauber und trocken bleiben.

### **Zusammenfassung**

Die Gestaltung der Stallfußböden für Laufflächen kann einen erheblichen Einfluß auf die Tiere ausüben. Daher ist es wichtig, diese bestmöglich den Anforderungen der Kühe anzupassen. Damit dies erreicht werden kann, müssen zunächst die Auswirkungen verschiedener Stallfußbodenvarianten auf die Klauen bzw. auf die

Tiere quantifiziert werden. Damit es zukünftig jedoch schnell möglich ist, Aussagen über die Einflüsse von Fußbodenvarianten auf die Tiere machen zu können, sind „tierunabhängige“ Meßmethoden notwendig, die aber einen hohen Zusammenhang haben sollten, mit den Auswirkungen, die beim Tier entstehen. Dafür ist noch umfangreiche methodische Arbeit notwendig.

Um zu diesem Aspekt Wissenslücken schließen zu können, sind Liegeboxenlaufställe mit drei grundsätzlich verschiedenen Laufgangausführungen untersucht worden. Die Varianten waren Einzelbalken-, Flächenelementspaltenböden und planbefestigte Böden. Innerhalb der einzelnen Varianten gab es jedoch auch eine größere Variation. Die Untersuchungen ergaben, daß für viele Kriterienbereiche die Flächenelementspaltenböden am günstigsten abschnitten. Dann folgten meistens die planbefestigten Böden. Unabhängig von der speziellen baulichen Ausführung wurde u. a. auch der SRT-Wert ermittelt und in Relation zu den Klauenzuständen gesetzt. Dabei wurde festgestellt, daß mit zunehmendem SRT-Wert auch der Anteil von Tieren mit nicht veränderten Klauen anstieg. Dies ist ein Beispiel dafür, daß logische Ansatzpunkte bestehen, um zukünftig eine schnelle und objektive „tierunabhängige“ Beurteilung von Stallfußböden für Laufflächen zu ermöglichen. In weiteren interdisziplinär anzusetzenden Untersuchungen ist vorgesehen, auch eingestreute bzw. teileingestreuete Laufflächenvarianten mit gleicher Vorgehensweise zu untersuchen.

## Literatur

- BÖCKISCH, F.-J. (1985): Beitrag zum Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall und Bedeutung für einige Funktionsbereiche. - Dissertation TU-München-Weihenstephan, MEG-Schrift 113.
- BOCKISCH, F.-J. (1990): Quantifizierung von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren Haltungsumwelt als Grundlage zur Verbesserung von Stallsystemen und ihrer ökonomischen Bewertung. - Habilitationsschrift JLU Gießen, Verlag der Ferber'schen Universitätsbuchhandlung, MEG-Schrift 193.
- BOCKISCH, F.-J. & J. BOXBERGER (1991): Stallfußbodengestaltung in Rinder- und Schweineställen. - DLG-Arbeitsunterlagen, D/91.
- GREIF, G. (1982): Grundlegende Untersuchungen zur Bemessung von Betonspaltenböden für Mastschweine unter besonderer Berücksichtigung der haltungsbedingten Gliedmaßenveränderungen. - Dissertation JLU Gießen, MEG-Schrift 73.
- KEMPKENS, K. (1989): Der Einfluß von Kraftfutterabruffütterung und Grundfuttermittellage auf das Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall. - Dissertation TU-München-Weihenstephan, MEG-Schrift 170.
- KÖBRICH, S. (1993): Adspektorisch und palpatorisch feststellbare Schäden an Haut, Gelenken und Klauen bei Milchkühen in Abhängigkeit von der Boxengestaltung im Liegeboxenlaufstall unter Berücksichtigung der tierindividuellen Körpermaße. - Dissertation JLU Gießen.

- MEYER, K. (1985): Über den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit bei verschiedenen Stallbodenoberflächen auf Hornwachstum, Hornabrieb und die Klauengesundheit von Mastschweinen. - Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover.
- MULTZE, P. (1989): Die Bestimmung der Trittsicherheit perforierter Stallfußböden für die Schweinehaltung. - Dissertation JLU Gießen, MEG-Schrift 166.
- PFADLER, W. (1981): Ermittlung optimaler Funktionsmaße von Spaltenböden in Milchviehlaufställen. - Dissertation TU-München-Weihenstephan.
- SCHLIMM, M. (1993): Einfluß der Laufgangausführung auf die Klauengesundheit bei Milchkühen. - Unveröffentlichtes Manuskript für eine Dissertation.

# Vergleich von Einstreuverfahren zur Mastschweinehaltung

Dirk Hesse und Britta Kukoschke

## 1.0 Problem- und Aufgabenstellung

Insbesondere an Tierhaltungsverfahren werden in zunehmendem Maße Anforderungen gestellt, welche nicht nur eine ökonomisch sinnvolle Produktion, sondern vor allem eine artgerechtere und auch umweltverträglichere Tierhaltung bewirken sollen. Systeme der Mastschweinehaltung erwecken vor diesem Hintergrund besonderes Interesse.

Durch die Abkehr von Güllesystemen hin zu Systemen mit Einstreu erscheinen derzeit positive Effekte für Umwelt und Tiere möglich. Es ist zu erwarten, daß diese Effekte jedoch auch wesentlich von den einzelnen Haltungsverfahren abhängen. Daher erschien es notwendig, verschiedene Haltungsverfahren mit und ohne Einstreu unter möglichst exakt vergleichbaren Bedingungen zu untersuchen.

Wesentliches Ziel des Projektes ist die Erarbeitung von Entscheidungshilfen, welche eine Abschätzung der Folgen einzelner Einflußfaktoren untereinander und auf die Nutztierhaltung insgesamt erlauben. Dabei gilt es u. a. der Frage nachzugehen, inwieweit durch die verschiedenen Zielvorgaben mit positiven oder negativen Wechselwirkungen zu rechnen ist.

## 2.0 Material und Methode

Auf Basis der in der FAL vorhandenen strukturellen Möglichkeiten wurde ein ökosystemorientierter Ansatz versucht. Bisher arbeiten die Agrarmeteorologische Forschungsstelle, die Tierärztliche Hochschule Hannover und neun Institute der FAL - unter Federführung des ILB - eng zusammen.

Für eine Beurteilung der Verfahren wurde u. a. die Berücksichtigung der im Jahresverlauf auftretenden klimatischen Veränderungen als wesentlich erachtet. Daher wurde festgelegt, die ausgewählten Verfahren jeweils über ein Jahr zu untersuchen.

Im ersten Jahreszyklus stehen die drei Mastschweinehaltungsverfahren herkömmliche Tiefstreu, Kompostsystem und Schrägmistverfahren im Mittelpunkt. Für den zweiten Jahreszyklus ist die Einbeziehung von Güllesystemen vorgesehen.

---

Anschrift der Autoren: Dr. Dirk Hesse, Britta Kukoschke, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.

Tab. 01: Arbeitsschwerpunkte und Beteiligte des Projektes.

ARBEITSSCHWERPUNKTE	BETEILIGTE	INSTITUTE
Arbeitswirtschaft	MEYER, SONNENBERG	BT, BT
Bau- und Haltungstechnik	HESSE	LB
Emissionen	AHLGRIMM, SCHUCHARDT	TEC, TEC
	HEINEMEYER, KRAUSE	BB, BST
Klima	LÖPMEIER, PREISS	ZAMF, LB
Koordination	HESSE	LB
Kosten und Erlöse	GEBBE, HINRICHS	LB, BW
Tiergesundheit	KUKOSCHKE	Ti-Ho Han.
Tierverhalten	SCHLICHTING	TZV
Pflanzenverträglichkeit	KÜCKE	PB
Produktionsdaten	BÖHME, KALLWEIT	TE, TZV
Substratzusammensetzung	SCHUCHARDT	TEC

### Tiefstreu

Typisch für dieses altbekannte Verfahren ist u. a. die Verwendung von Langstroh, wobei die eingesetzte Strohmenge im wesentlichen vom Verschmutzungsgrad der Oberfläche abhängig ist. Während dieser Untersuchung wurden weniger als 900 g Stroh pro Tier und Tag verbraucht, was offensichtlich in Zusammenhang mit der Zwei-Phasen-Fütterung und dem Breiautomaten gesehen werden muß. Dabei ist im Verlaufe einer Mastperiode mit einem Anstieg der Mistmatratze bis auf eine Höhe von ca. 70 - 80 cm zu rechnen. Dementsprechend wurde der Futterautomat höhenverstellbar an der Wand montiert. Die Entmistung der Bucht erfolgte jeweils nach Mastende.

### Kompost

In dieser Untersuchung wird eine auf Stroh basierende Kompost-Variante eingesetzt. Laut Angaben der Vertreter des eingesetzten Bioaktivators wurde Häckselstroh mit einer maximalen Länge von einem Zentimeter verwendet. Vor der Aufstallung der Tiere wird eine ca. 40 cm hohe Matratze erstellt. Wöchentlich wird der in einer Ecke anfallende Kot zusammen mit einer Menge von ca. 40 g/m<sup>2</sup> des Bioaktivators in die gesamte Oberfläche der Bucht eingearbeitet. Auch hier wurde der Futterautomat höhenverstellbar an der Wand befestigt, da, nach Vertreterangaben, bis zu einer Gesamthöhe der Matratze von ca. 60 cm Feinstroh nachgestreut wird. Erst nach Erreichen dieser Höhe wird die Bucht entmistet. Dies war erst nach zwei Mastperioden der Fall, woraus sich ein Verbrauch von ca. 600 g Stroh pro Tier und Tag errechnet.

### Schrägmist

Es handelt sich um ein vom Institut für landwirtschaftliche Bauforschung seit 1988 weiterentwickeltes Haltungsverfahren [GEBBE, 1991; HESSE, 1992]. Das Verfahren besteht im wesentlichen aus einer durchgehend um 10 % geneigten Bodenfläche und einer an der Bergseite montierten Raufe. In dieser wird den Tieren ad-libitum

Häckselstroh in einer Länge von 5 - 15 cm angeboten, wobei im Jahresdurchschnitt mit einem Verbrauch von ca. 330 g pro Tier und Tag zu rechnen ist. Der Mistbereich wird von den Tieren an der Talseite angelegt. Das Stroh-Kot-Harn-Gemisch wird von den Tieren durch einen Schlitz aus der Bucht getreten. Es handelt sich um ein vollständig mechanisierbares Strohverfahren.

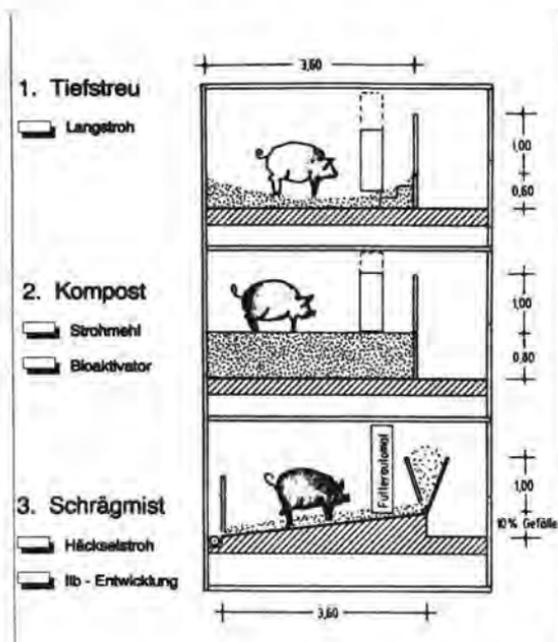


Abb. 01: Verschiedene Verfahren zur Haltung von Mastschweinen auf Einstreu.

### Rahmenbedingungen

Für den angestrebten Vergleich der Verfahren sind weitgehend einheitliche Rahmenbedingungen vorteilhaft. Dazu wurden zunächst innerhalb eines vorhandenen Gebäudes drei gleichartige Kammern geschaffen. Die Fläche von ca. einem Quadratmeter pro Tier und die Buchtenabmessungen waren ebenso identisch wie Futterzusammensetzung, Art des Breifutterautomaten und der Aufstellungsort der Automaten. Desweiteren wurden jeweils 10 Börgе der genetisch relativ einheitlichen DL-Rasse mit annähernd gleichem Durchschnittsgewicht aufgestellt.

Ein wesentlicher Teil des Projektes besteht in der Erfassung der möglichen Auswirkungen der Haltungsverfahren auf die Umwelt. Zu diesem Zweck wurden die drei Verfahren in jeweils voneinander unabhängigen Kammern untersucht. Zudem wurde eine mechanische Unterdrucklüftung installiert. Die Verwendung von

Ganzstromanemometern erlaubte eine kontinuierliche und exakte Bestimmung der Luftvolumenströme.

Die Messung der  $\text{NH}_3$ -Konzentration der Stallluft erfolgt zweimal pro Woche über jeweils 24 Stunden nach dem Indophenolverfahren, wobei die Probennahme nach der VDI-Richtlinie 2461 vorgenommen wird. Dabei sind die Waschflaschen jeweils direkt am Abluftkanal der einzelnen Kammern installiert, um möglichst negative Einflüsse des Gaszuleitungsschlauches auszuschließen. Die  $\text{CH}_4$ -Konzentrationen werden im Abluftkanal kontinuierlich mit Hilfe eines Infrarotgasanalysators gemessen. Zur Ermittlung der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden an jedem Wochentag Einzelproben als Aliquot aus dem Abluftkanal entnommen und gaschromatographisch auf ihren  $\text{N}_2\text{O}$ -Gehalt analysiert.

Das Tierverhalten wird in 14tägigen Intervallen über jeweils 48 Stunden mittels Video erfaßt. Die thermophysiologische Situation der Tiere wird einmal täglich erhoben. Das Wachstum der Tierklauen wurde durch Messung jeder einzelnen Klaue eines jeden Tieres zu Beginn und zum Ende der Mastperiode errechnet.

### **3.0 Erste Ergebnisse**

Die aus dem Gesamtprojekt entsprechend der Themenvorgabe ausgewählten Ergebnisse basieren auf zwei Versuchsdurchgängen. Der innerhalb des ersten Jahreszyklus durchzuführende dritte Durchgang war zum Zeitpunkt der Darstellung noch nicht abgeschlossen.

#### **3.1 Zum Tier**

In der Tiefstreu bildet sich die Mistfläche an der vom Futterautomat am weitesten entfernten Stelle aus. Der übrige Bereich bleibt weitgehend frei von Kot und Harn und besteht somit aus trockenem Stroh.

Im Kompost bildet sich eine Mistfläche an gleicher Stelle wie in der Tiefstreu. Jedoch wird der im Kompost anfallende Mist einmal wöchentlich in die Oberfläche der restlichen Bucht eingearbeitet. Die von den Tieren angelegte Raumstruktur wird also nicht nur aufgehoben, sondern der angefallene Mist außerdem noch in die ansonsten weitgehend saubere Liegefläche eingebracht. Diese - verfahrensbedingte - Vorgehensweise dürfte dem Ansinnen einer artgerechten Tierhaltung widersprechen.

Im Schrägmist legen die Tiere ihre Mistfläche ebenfalls an der vom Futterautomaten am weitesten entfernten Stelle an. Dies ist zugleich auch die gewünschte Talseite, an welcher sich der Kotschlitz befindet. Die übrige Fläche bleibt kot- und harnfrei und wird von den Tieren, offensichtlich je nach Raumtemperatur, unterschiedlich stark eingestreut.

Augenscheinlich hat die in den drei Verfahren unterschiedliche Bodengestaltung Auswirkungen auf die Tiere. D. h. insbesondere im Schrägmistverfahren, aber auch

in der herkömmlichen Tiefstreu, wird den Tieren die Möglichkeit gegeben, in einem artgerechten, strukturierten Raum zu leben.

Bedingt durch die im Kompostsystem von Anfang an vorhandene Matratze und die dadurch fehlenden Abriebsmöglichkeiten wachsen die Klauen der Tiere dort am stärksten. Dies führt zum Zeitpunkt der Schlachtung sogar bis zu geringgradigen Fehlstellungen der Gliedmaßen, welche sich teilweise in einer bärentätigen Fortbewegung äußern. Sowohl in der herkömmlichen Tiefstreu als auch vor allem im Schrägmistverfahren traten, bedingt durch den dort möglichen Klauenabrieb, keinerlei Fehlstellungen auf.

Wenn Schweine die Wahlmöglichkeit haben, suchen sie zur Thermoregulation unterschiedliche Böden bzw. Klimabereiche auf. Ist den Tieren dies nicht möglich, sind sie gezwungen Thermoregulation durch Hecheln zu betreiben.

Der höchste Anteil hechelnder Tiere wurde in der Tiefstreu gegen Ende des Durchganges bei extrem hohen Lufttemperaturen beobachtet. Doch schon während des Durchganges waren die Tiere hohen Umgebungstemperaturen ausgesetzt, wodurch sich auch der relativ hohe Wasserverbrauch der Tiere erklären läßt. Als wesentliche Ursache kommt die zur Emissionsminderung gut eingestreute, relativ trockene und warme Oberfläche im Liegebereich in Frage.

Im Kompost wurden die höchsten prozentualen Anteile hechelnder Tiere zu Beginn des Durchganges gemessen. Dies war durch eine relativ hohe Temperatur von bis zu 60 °C in 10 cm Tiefe der Kompostmatratze bedingt. Nachdem sich die Matratzentemperatur wieder auf die angestrebten ca. 35 - 40 °C eingependelt hatte, reduzierte sich der Anteil hechelnder Tiere, blieb aber hoch. Gegenüber der Tiefstreu dürfte sich hier die insgesamt höhere Feuchtigkeitsverdunstungsrate an der Oberfläche der Matratze (Abkühlungseffekt) positiv ausgewirkt haben.

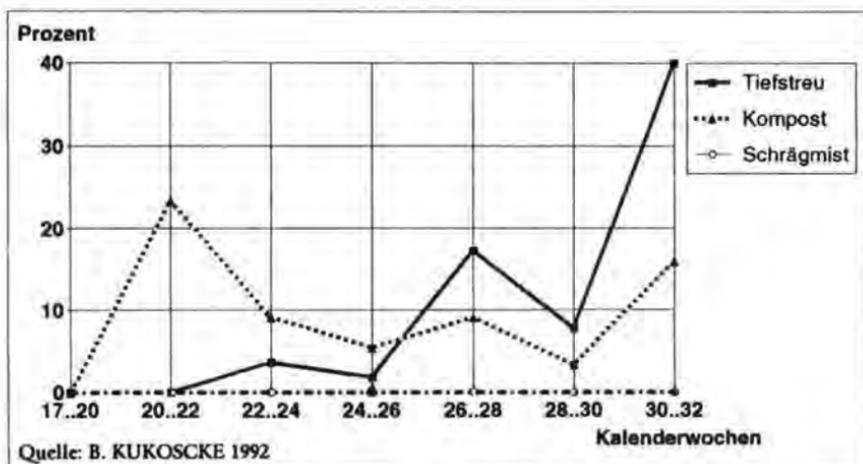


Abb. 02: Anteil hechelnder Tiere in Prozent im 1. Hauptversuch von April bis August 1992.

Die Tiere im Schrägmistabteil hatten die Möglichkeit zwischen dem feuchten Mistplatz und der übrigen trockenen Betonfläche zu wählen. Während der sehr hohen Mittagstemperaturen wählten sie überwiegend die Mistfläche, in der kühleren Nacht jedoch suchten sie wieder den trockeneren Platz auf, sie konnten auf diese Weise weitgehend dem Temperaturstreß ausweichen. Entsprechend konnte hier der geringste Wasserverbrauch festgestellt werden.

### 3.2 Zur Umwelt

Insbesondere  $\text{CO}_2$ -,  $\text{CH}_4$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Gase gelten als wesentliche Einflußfaktoren für den sogenannten Treibhauseffekt. Nach SAUERBECK 1992 lassen sich ein Fünftel des  $\text{CO}_2$ -, mehr als die Hälfte des  $\text{CH}_4$ - und möglicherweise zwei Drittel des  $\text{N}_2\text{O}$ -Anstieges unmittelbar oder mittelbar auf die Landbewirtschaftung zurückführen.

Die Datengrundlage scheint jedoch noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet zu sein. Daher wird in diesem Projekt versucht, entsprechende aussagefähige Spurengasmessungen durchzuführen.

Die von HEINEMEYER durchgeführten Messungen der  $\text{N}_2\text{O}$ -Konzentrationen in der Abluft der Kammern ergaben deutliche Unterschiede zwischen den Verfahren. Während im Schrägmistverfahren Werte gemessen wurden, die in etwa der natürlich vorhandenen Menge entsprechen, konnten im Kompost höhere und in der Tiefstreu erheblich höhere Werte festgestellt werden. Ein erster Vergleich der ermittelten Frachten mit den z. B. von Grünland emittierenden Mengen zeigt, daß Grünland-Emissionen in der Regel beträchtlich über den untersuchten Tierhaltungsverfahren abgegebenen Mengen liegen.

Eine von AHLGRIMM durchgeführte erste Teilauswertung der gemessenen  $\text{CH}_4$ -Konzentrationen der Abluft ergab ebenfalls sichtbare Unterschiede zwischen den Verfahren. Auch hier emittieren aus dem Schrägmistverfahren offensichtlich die geringsten Gasmengen. Gleichzeitig wurden in der Kompostabluft die höchsten Werte gemessen. Insgesamt kann festgestellt werden, daß die  $\text{CH}_4$ -Werte höher als erwartet ausgefallen sind, und relevante Mengen darstellen. Eine exaktere Aussage erscheint aber auch hier erst nach weiteren Messungen möglich.

Zur Erfassung der Tierhaltungsverfahren auf ihre Umwelt sollte zwischen der Umwelt außerhalb des Gebäudes und der umbauten Umwelt des Tieres, bzw. des Arbeitsplatzes des Tierbetreuers unterschieden werden. Dies betrifft insbesondere  $\text{NH}_3$ .

Wie in der Abbildung 03 ersichtlich, zeigen sich innerhalb der Verfahren zwischen dem Sommer- und dem Herstdurchgang nur geringe Unterschiede der  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen in der Stallluft. Hingegen sind zwischen den einzelnen Verfahren sichtbare Unterschiede vorhanden, wobei durch das einzelne Kompostverfahren offensichtlich die höchsten  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen verursacht werden. Insgesamt kann festgestellt werden, daß in den untersuchten Verfahren die gemessenen Durchschnittswerte deutlich unter den als MAXIMALE-ARBEITSPLATZ-KONZENTRA-

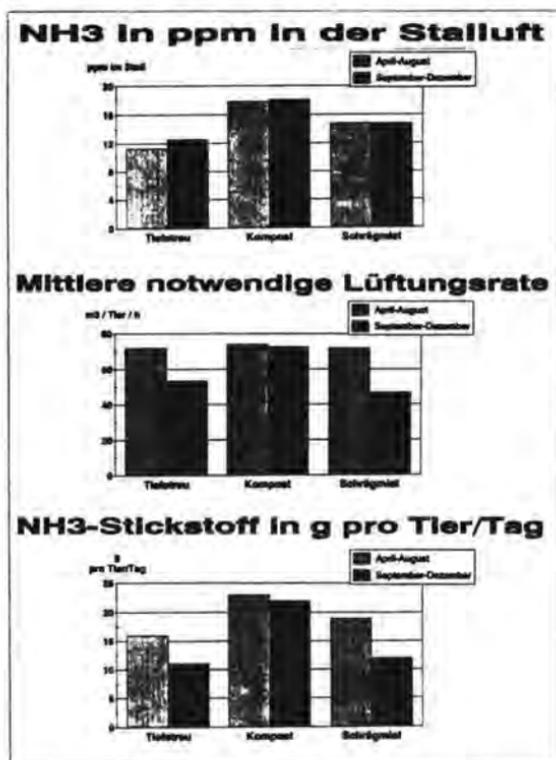


Abb. 03: Zusammenhang zwischen Konzentration, Lüftungsrate und NH<sub>3</sub>-Emission.

TION zugelassenen 50 ppm lagen. Einzig während der wöchentlichen Umarbeitung der Kompostmatratze sind Werte möglich, welche weit oberhalb dieser Grenze liegen.

Während der Sommerperiode sind die in den drei Verfahren notwendigen Lüftungsraten etwa gleich. Verfahrensbedingt ergaben sich vor allem im zweiten Durchgang von September bis Dezember sichtbare Unterschiede. Wesentlich für das Funktionieren der Kompostmatratze ist eine ständige und ausreichende Abgabe von Feuchtigkeit aus der Matratze in die Stallluft. Dazu sind sowohl im Sommer als auch insbesondere im Winter relativ hohe Luftwechselraten notwendig. Auch aus der Tiefstreumatratze tritt, wenn auch in vergleichsweise geringen Mengen, Feuchtigkeit aus, welche abgeführt werden muß. Insbesondere infolge der im Schrägmistverfahren nur kurze Zeit im Stall verbleibenden Mistmengen wurden die geringsten Luftmengen benötigt.

Die oben beschriebenen unterschiedlichen Lüftungsraten haben, wie in der Abbildung 03 erkennbar, einen direkten Einfluß auf die Höhe der NH<sub>3</sub>-Emissionen. Im Kompostverfahren konnten in beiden Durchgängen annähernd gleiche Konzentrationen, Lüftungsraten und Emissionen gemessen werden. Ganz anders stellt sich das

Bild in der Tiefstreu und im Schrägmist, insbesondere im zweiten Durchgang dar. Im Schrägmist wurden um etwa 3 ppm bzw. 24 % höhere  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen gemessen, als in der Tiefstreu. In der Folge zeigte sich, daß die aus Konzentration und Lüftungsrate errechneten  $\text{NH}_3$ -Emissionen des Schrägmistes nur noch um ca. 1 g/Tag bzw. 9 % über denen der Tiefstreu lagen.

In der Konsequenz bedeutet dies, daß zur Reduktion von Emissionen aus landwirtschaftlicher Tierhaltung nicht nur auf die durch die Verfahren bedingten Schadgaskonzentrationen, sondern insbesondere auch auf die für die Verfahren notwendige Lüftungsrate zu achten ist.

Ziel der Mastschweinehaltung ist gemeinhin die Fleischerzeugung. Daher erscheint es sinnvoll, gemessene Emissionen nicht nur in Bezug zur Tierzahl, sondern insbesondere in Bezug zur erzeugten Fleischmenge zu setzen.

Für die hier vorgestellten Untersuchungen ergeben sich aus dieser Überlegung folgende Erkenntnisse:

Tab. 02: Umrechnung von  $\text{NH}_3$ -Emissionen pro Tier auf  $\text{NH}_3$ -Emissionen pro kg erzeugtem Fleisch.

#### Sommerdurchgang

Verfahren	Zunahme g/Tier/Tag	$\text{NH}_3$ -Emission g/Tier/Tag	Relativ in Prozent	$\text{NH}_3$ -Emission g/kg Zunahme	Relativ in Prozent
Tiefstreu	747	17	100	23	100
Kompost	779	26	153	34	146
Schrägmist	825	21	126	26	114

#### Herbstdurchgang

Verfahren	Zunahme g/Tier/Tag	$\text{NH}_3$ -Emission g/Tier/Tag	Relativ in Prozent	$\text{NH}_3$ -Emission g/kg Zunahme	Relativ in Prozent
Tiefstreu	823	11	100	13	100
Kompost	864	22	200	25	190
Schrägmist	895	12	109	13	100

In der zweiten und dritten Spalte der beiden Teiltabellen des Sommer- und Herbstdurchganges wurden die von BÖHME und SCHULZ ermittelten täglichen Zunahmen der Schweine und die gemessene  $\text{NH}_3$ -Emissionen in g/Tier/Tag aufgeführt. Die Werte der Spalte fünf wurden dadurch ermittelt, daß die gemessene  $\text{NH}_3$ -Emissionen nun zum erzeugten Kilogramm Fleisch in Bezug gesetzt wurden. In den Spalten vier und sechs wurden die jeweiligen Emissionswerte auf Basis des geringsten Wertes in Relation gesetzt.

In beiden Durchgängen konnten in der Tiefstreu die geringsten Emissionen, aber auch die geringsten Zunahmen festgestellt werden. Im Kompost zeigten sich jeweils

mittlere Zunahmen, verbunden mit Emissionen, welche um 53 % bzw. 100 % über denen der Tiefstreu lagen. Der Schrägmist führte sowohl zu den höchsten Zunahmen, als auch zu Emissionen, welche im Vergleich zur Tiefstreu um 26 % bzw. 9 % höher waren.

Werden die Emissionen beispielsweise zum Kilogramm erzeugtem Fleisch in Bezug gesetzt, verändern sich, wie in Spalte sechs erkennbar, die aufgezeigten Relationen erheblich. Die in den Verfahren Kompost und Schrägmist höheren Tierleistungen führten dazu, daß die Emissionen nur noch um 46 % bzw. 90 % im Falle des Kompostes und 14 % bzw. 0 % im Falle des Schrägmistes über denen der Tiefstreu lagen.

Sowohl der für den Bau eines Gebäudes zur Tierhaltung notwendige Rohstoffbedarf als auch der Energieverbrauch sind im wesentlichen verfahrensbedingt. Aus Sicht der Umwelt sind dabei solche Verfahren zu bevorzugen, welche einen geringen Rohstoffbedarf und/oder einen geringen Energiebedarf aufweisen. Auch in dieser Hinsicht unterscheiden sich die drei Verfahren klar. Dies soll anhand einer monetären Bewertung des Rohstoff- und des Energiebedarfs verdeutlicht werden.

Die Bewertung basiert auf Daten, welche GEBBE u. a. innerhalb eines europäischen Vergleichs von Mastschweinehaltungsverfahren und durch weiterführende Berechnungen gewonnen hat. Dabei wurden sowohl die je nach Verfahren unterschiedlichen baubedingten Jahreskosten als auch die nach Verfahren unterschiedlichen baubedingten Jahreskosten als Kenngröße gewählt. So bewirkt das Kompostverfahren im Vergleich zur Tiefstreu und zum Schrägmist eine um etwa 8 DM bzw. 7 DM höhere Kostenbelastung pro Hauptmastplatz. Obgleich das Kompostverfahren geringere Ansprüche an die Zwischenlagerung des Substrates stellt, führen neben den Kosten des Bioaktivators und der Energieverbrauch zur Lufterwärmung im Winter und zur Bewältigung der notwendigen Luftwechselrate zu dieser Differenz.

### 3.3 Zusammenfassung

Im Vergleich der drei Haltungsverfahren lassen sich die besprochenen Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

Die Tiefstreu bietet aus Sicht des Tieres und der Umwelt u. a.

- ausreichende Trennung von Liege- und Mistbereich
- ausreichende Möglichkeit zum Klauenabrieb
- unzureichende Wahlmöglichkeit zur Thermoregulation
- geringe  $\text{NH}_3$ -Emissionen
- hohe  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen
- mittlere  $\text{CH}_4$ -Emissionen
- geringe Zunahmen
- geringen Rohstoff- und Energiebedarf.

Der Kompost bietet aus Sicht des Tieres und der Umwelt u. a.

- unzureichende Trennung von Liege- und Mistbereich
- unzureichende Möglichkeit zum Klauenabrieb
- unzureichende Wahlmöglichkeiten zur Thermoregulation
- hohe  $\text{NH}_3$ -Emissionen
- mittlere  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen
- hohe  $\text{CH}_4$ -Emissionen
- mittlere Zunahmen
- hohen Rohstoff- und Energiebedarf.

Der Schrägmist bietet aus Sicht des Tieres und der Umwelt u. a.

- gute Trennung von Liege- und Mistbereich
- gute Möglichkeit zum Klauenabrieb
- gute Wahlmöglichkeiten zur Thermoregulation
- mittlere  $\text{NH}_3$ -Emissionen
- niedrige  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen
- niedrige  $\text{CH}_4$ -Emissionen
- hohe Zunahmen
- mittleren Rohstoff- und Energiebedarf.

Insgesamt zeigen sich nicht nur deutliche Unterschiede zwischen den Verfahren, sondern es sind auch positive wie negative Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Zielen (z. B. Umweltverträglichkeit und Artgerechtheit) zu erkennen. Zusammengefaßt kann daher festgestellt werden, daß die institutsübergreifende Zusammenarbeit nicht nur eine weitgehende Ursachenforschung sondern insbesondere auch das Erkennen verschiedenster Wechselwirkungen ermöglicht.

#### 4.0 Literatur

AHLGRIMM: Unveröffentlichte Versuchsauswertung, FAL Braunschweig.

BÖHME & SCHULZ: Unveröffentlichte Versuchsauswertungen, FAL Braunschweig.

GEBBE, N. (1991): Schweinemast auf 10 Prozent Gefälle. - DLG-Mitteilungen **106**(8): 54-56.

GEBBE, N. (1993): Bauökonomische und haltungstechnische Bewertung von Mast-schweinehaltungssystemen in den Europäischen Gemeinschaften. - Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft **136**.

HEINEMEYER: Unveröffentlichte Versuchsauswertungen, FAL Braunschweig.

HESSE, D. (1992): Wenn die Tiere selber misten. - Agrar-Übersicht **43**(9): 80-82.

SAUERBECK, D. (1992): Landwirtschaft und Treibhauseffekt - In: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau, 12. Auflage: 432-436.

# Die einstreuarmer Haltung von Mastschweinen im nichtwärmegedämmten Offenfrontstall

Peter Jakob, Robert Kaufmann und Men Wieland<sup>1</sup>

## Einleitung und Problemstellung

Lange Zeit bestand die Gefahr, aus Gründen des einseitigen wirtschaftlichen Denkens das Tier nur als Produktionseinheit zu betrachten. Der Öffentlichkeit ist die Bedenklichkeit einer solchen einseitigen Entwicklung aufgefallen (VON LOEPER et al., 1985), und sie wacht darüber, dass die Fragen des Umgangs mit dem Tier ernst genommen werden.

Haltungssysteme für Nutztiere müssen nach wie vor einer wirtschaftlichen Betrachtung standhalten. Ökologische Anforderungen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Darunter versteht man Bodenqualität, Wasserqualität, Luftqualität, Gesundheit von Mensch und Tier, Lebensmittelqualität usw. (HOERNING, 1992).

Einstreu-Systeme genügen diesen Anforderungen in vielen Teilen.

Der Stroheinsatz in der Nutztierhaltung verursacht aber zusätzlich Arbeitskosten und bedingt je nach eingesetzter Menge eine Mechanisierung von Festmistverfahren, um den Mist als Dünger auf dem Feld zu verteilen.

In der Schweiz gibt es reine Grünlandgebiete. Beim Betreiben eines Offenfrontstalles mit Tiefstreu müssten solche Landwirte einerseits das Stroh zukaufen (nach JAKOB (1987) 72.5 kg/Masttier). Das ist eine wirtschaftliche Frage. Andererseits wäre es nicht zu jedem Zeitpunkt möglich, den Mist aufs Feld zu bringen. Gülleproduktion hat in den Futterbaugebieten durchaus ihre Berechtigung.

Bei der Entwicklung des stroharmen Offenfrontstalles 3 (OF3) ging es darum, die Vorteile des natürlich klimatisierten Offenfrontstalles mit einem System geringer Einstreu und damit vermehrter Gülleproduktion zu kombinieren.

---

Anschrift der Autoren: Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon, SCHWEIZ.

---

<sup>1</sup>) Unterstützt vom Tierschutzfonds des Bundesamtes für Veterinärwesen mit Mitteln des kantonalen Zürcher Tierschutzvereins.

### **Offenfrontstall 3 (OF3): Anforderungen und Beschreibung**

Es wurde ein Stallsystem entwickelt, dass den folgenden Anforderungen entsprechen soll:

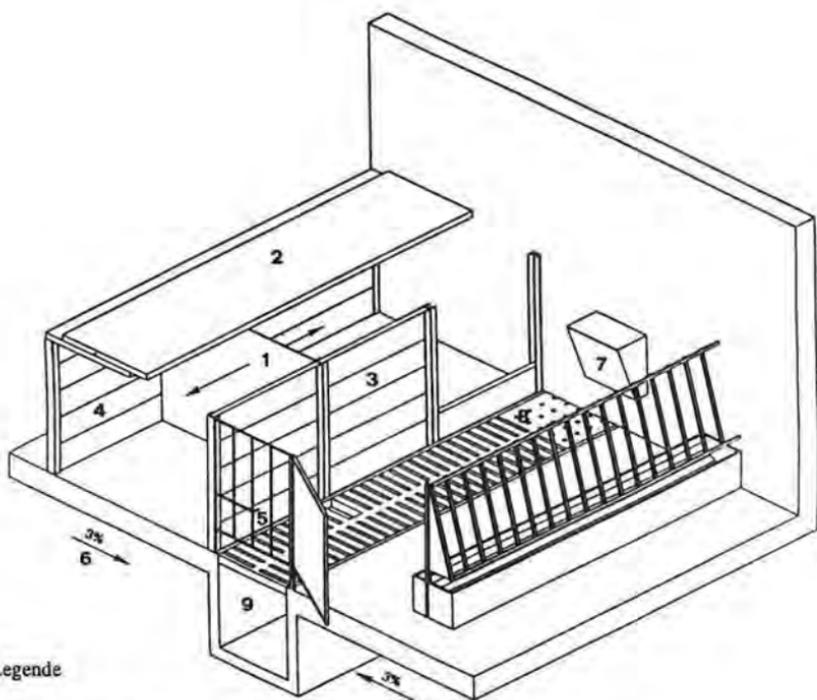
- Allgemeine Anforderungen an Haltungssysteme für Nutztiere:
  - Kostengünstig
  - Tiergerecht
  - Oekologisch verträglich
- Zusätzliche Anforderungen an den Versuchsstall (OF3):
  - Offene Front (natürliche Lüftung)
  - Wenig Fremdenergiebedarf
  - Kleiner Strohbedarf
  - Möglichkeit der rationierten Fütterung
  - Ermöglichung aller Futter- und Fütterungsformen
  - Kein täglicher Entmistungsaufwand
  - Praxistauglichkeit
  - Flexibilität (Nutzungsmöglichkeiten für andere Zweckbestimmungen)

Abb. 1 zeigt das Konzept einer OF3-Bucht in seiner Endfassung.

#### **Zielsetzung**

Folgende Fragen wurden untersucht:

- Erfüllt das OF3-System die gestellten Anforderungen unter anderem bezüglich Strohbedarf?
- Genügt der angebotene Platz (Vormast  $1 \text{ m}^2/\text{Tier}$ , Ausmast  $1,2 \text{ m}^2/\text{Tier}$ )?
- Erlaubt die Strukturierung der Buchten die Trennung der Funktionsbereiche (Ruhe, Aktivität, Ausscheidung)?
- Investitionsbedarf? Mastleistungen?
- Praxistauglichkeit?



#### Legende

Nr.	Beschreibung	Grund
1	Schiebewand	Das Liegenest darf kein Ueberangebot an Platz haben.
2	Sperrholzdeckel	Liegenest ist ruhiger Rückzugsort.
3	Trennwand	- Ergibt durch Wegnahme Grossbucht. - Nesteingang kann verschoben werden.
4	Bretter an Front	- kostengünstige Lösung - Kann bei Aenderung der Zweckbestimmung des Gebäudes weggenommen werden.
5	Trinknippel	am Ausscheidungsort: - weit entfernt vom Liegenest - Sicht ist günstig (MOLLET, 1990)
6	Gefälle zum Kanal	- Flüssigkeiten müssen ablaufen. - anpassungsfähig: wenn der Liegeplatz zum Ausscheidungsort wird.
7	Strohraufe	- Zentrum des Aktivitätsbereiches - Zwischen Liege- und Ausscheidungsart
8	Lochboden	Strohhalme bleiben auf dem Boden dem Tier verfügbar, siehe auch Punkt 6a.
9	Fertig-Güllekanal	Kostengünstiger als Spalten bis zum Trog + Kanal aus Ortbeton

Abb. 1: Das Konzept einer OF3-Bucht

## Versuchsanordnung und Versuchsablauf

In Tänikon wurde ein Versuchsstall gemäss Grundriss (Abb. 3) mit 60 Mastschweinplätzen (MSP) erstellt. Der Versuchsstall war unterteilt in Vormast- und Ausmaststall mit je vier Gruppen zu neun Tieren. Nach 50 Masttagen verlegte man die Schweine vom Vormast- in den Ausmaststall.

Der früher untersuchte Offenfrontstall 2 (OF2) (JAKOB, 1987) diente als Referenzstall (Abb. 2). In diesem Stall fällt hauptsächlich Mist an.

Unsere Entwicklungsarbeit war praxisbezogen. Das bedingte ein Ineinandergreifen von Arbeiten über ethologische und verfahrenstechnische Aspekte. Bei baulichen Anpassungen im OF3 wurde möglichst nur ein Faktor an einem Teil des Stalles geändert. Dadurch konnten Auswirkungen von Änderungen laufend nach objektiven Kriterien beurteilt werden.

Die Datenerhebung erfolgte vom November 1989 bis Januar 1993. Der Versuchs- und Referenzstall wurde während neun Umtrieben gleichzeitig zur Datenerhebung bestossen. Der OF3 lieferte Daten während 17 Umtrieben bzw. verwertbare Messungen von 573 Tieren.

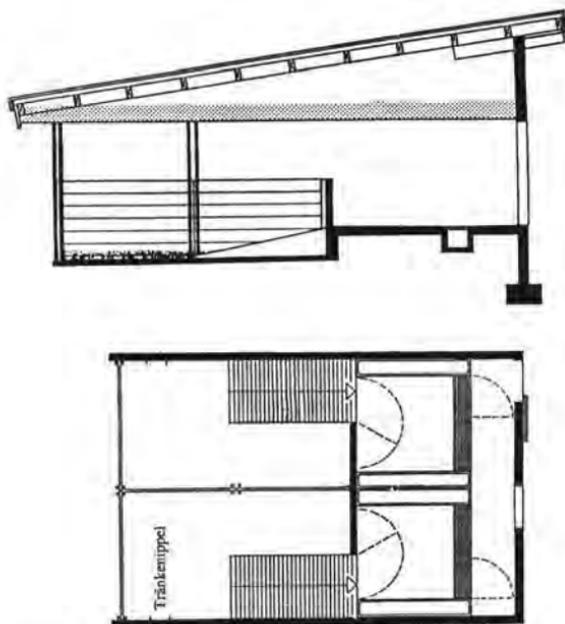


Abb. 2: Der Offenfrontstall mit separatem befestigtem Fressplatz, wo für jedes Tier 33 cm Trög vorgesehen sind (OF2), diente als Referenzstall.

## **Ethologie**

Die Arbeiten wurden ethologisch begleitet, um das Konzept auf seine Tauglichkeit für eine artgemässe Schweinehaltung zu untersuchen. Auswirkungen von Aenderungen (ethologisch und verfahrenstechnisch) konnten untersucht und optimiert werden.

Ethologische Zielvorgaben zur Entwicklung des OF3 (WIELAND et al., 1992);

- Ausübung der artgemässen Verhaltensweisen an adäquatem Substrat.
- Minimierung des Beknabberns und Massierens von Sozialpartnern.
- Räumliche Konzentration des Ausscheidungsverhaltens.
- Räumliche Trennung der Funktionskreise Exploration/Futtersuche vom Ruheverhalten.

Für die statistische Beurteilung der Ergebnisse wurden der U-Test (Wilcoxon, Mann und Whitney), der H-Test (Kruskal und Wallis) sowie der Vorzeichentest nach Dixon und Mood verwendet.

Es konnte nachgewiesen werden, dass im Vergleich zum OF2 als Referenzstall keine Beeinträchtigung der Häufigkeiten der Verhaltenselemente erfolgt. Beispielsweise hätte eine zeitliche Reduktion des Explorations- und Futtersucheverhaltens auf eine Verschlechterung der Haltung hingewiesen (weil sich der Verhaltensanteil vom arttypischen Verhalten entfernt hätte).

Die Strukturierung der Buchten lokalisierte das Ausscheidungsverhalten. In 98 % der beobachteten Fälle benutzten die Tiere den (in der vorgeschlagenen Konzeption) dafür bestimmten Ausscheidungsort.

Das Explorations-/Futtersucheverhalten konnte vom Ruheverhalten getrennt werden. Wenn der Aktivitätsbereich vom Ruhen getrennt ist, erhöht dies das Wohlbefinden. Das Flächenangebot im Liegenest musste knapp sein und stets den wachsenden Tieren angepasst werden, damit dieses nicht anderen Zwecken diene. Dies lösten wir mit einer schiebbaren Wand. Dadurch war es möglich, den Schweinen nur einen Teil der Liegefläche freizugeben.

## **Klimaregulierung**

Es war grundsätzlich wichtig und eine bekannte Tatsache, dass der Tierbereich zugfrei sein muss. In diesem Bereich der Tiere betrug die grösste gemessene Windgeschwindigkeit 0.3 m/sec. Die frische Luft kam über die offene Front. Die wärmere Abluft verliess den Stall am höchsten Punkt.

Das Stroh im Liegenest hatte gute Wärmedämmeigenschaften. Zudem wirkte das mit einem Sperrholzdeckel gedeckte Liegenest als guter Rückzugsort zum Liegen (es durfte keine Uebersicht über die gesamte Bucht bieten).

Im Sommer, wenn es heiss war, benutzten die Tiere den Spaltenboden als Liegeplatz (durchschnittlich 2 - 4 Wochen). Dieser blieb während dieser Zeit sauber. Der vorgesehene Liegeplatz war nicht eingestreut und wurde als Ausscheidungsort benutzt. Die Trennwand in der Bucht, die das Liegenest abtrennte, entfernte man (Abb. 1, Punkt 3). Frisches Stroh lag stets in der Strohraufe bereit.

Beide Längsfronten waren bis auf eine Höhe von 115 cm mit Brettern abgeschlossen, von da weg bis ans Dach genügen dünnere Bretter oder Aehnliches (Vorschlag, Abb. 3). Beim Oeffnen der Südfront gelangt die Sonne in den Stall. Für den Sommer- bzw. Winterbetrieb kann variiert werden. Eine Front muss immer offen bleiben. Güllegase waren nicht messbar. Die Geruchsschwelle lag tiefer als die Messgrenze.

### Investitionskosten

Für die Trennung der Funktionsbereiche brauchten wir etwas mehr Platz als in herkömmlichen Ställen für Mastschweine. Das Platzangebot war wesentlich kleiner als im OF2. Dort bot man dem Tier je nach Konzept und Tierbesatz zwischen 1,5 und 1,9 m<sup>2</sup> an (JAKOB, 1987).

Das Brutto-Platzangebot pro Mastschwein betrug (ohne Trog): Vormast 0,98 m<sup>2</sup>, Ausmast 1,17 m<sup>2</sup>.

Je 50% der Liegefläche waren Spaltenboden-Fläche bzw. Liegeplatz.

Erste Abrechnungsbeispiele aus der Praxis scheinen die Kostenschätzung nach Tabelle 1 zu bestätigen.

Tab. 1: Baukostenvergleich (Basis 240 Mastplätze) nach HILTY, 1991)

		OF3*	OF2**	Vollspalten	Teilspalten
Gesamte Baukosten	sFr.	353'760.-	440'032.-	411'598.-	421'042.-
Kosten pro MSP	sFr.	1'474.-	1'833.-	1'714.-	1'754.-
Vergleich	%	100	124	116	119

\* Konstruktion des Versuchstalles, ohne Untersicht und Futterküche, Güllelager, Güllekanal 80 cm breit.

\*\* Der befestigte Fressplatz ist mit Spaltenboden versehen.

## Mastleistungen

Gegenüber dem OF2 entstanden keine deutlichen Unterschiede (Tab. 2).

Tab. 2: Wichtige Mastleistungsdaten im Vergleich

Merkmal		OF2	OF3
Tierzahl	Stck.	239	288
Einstallgewicht	kg	25.0	26.7
Masttage	Tage	104	101
Endgewicht	kg	101	101
Zunahme	g/Tag	724	736
Futterverwertung	kg TS/kg Zuw.	2.5	2.4

## Strohbedarf

Der Strohbedarf lag bei maximal 10 kg pro Tier. Dieser Bedarf setzt sich aus der Menge, welche im Liegenest gebraucht wird (bis 6.5 kg) und der verabreichten Strohmenge in der Raufe (bis 4.6 kg) zusammen.

- Das Stroh im Liegenest war ausnahmslos kurz verbissen.
- Die Schweine fressen Stroh, es musste gelegentlich nachgestreut werden.
- Durch das Management war es möglich, dass das Liegenest am Mastende strohlos war.
- Die Strohraufe benutzten die Tiere im Sommer intensiver (kein Stroh im Liegenest).
- Die Gruppenstruktur in den Buchten war unterschiedlich (weil es um Lebewesen ging, die nicht normbar sind). Es war vorteilhaft, viele Gruppen zu untersuchen (68 Gruppen im Vormast- und 68 Gruppen im Ausmaststall).

## Folgerungen

- Der Offenfrontstall funktioniert und ist sowohl tiergerecht als auch naturnah. Es wurde erfolgreich versucht, die Funktionsbereiche zu trennen. Sie müssen richtig plaziert und funktionsgerecht ausgeführt sein.

- In der heissen Jahreszeit koten und harnen die Tiere im Liegenest und liegen auf dem Spaltenboden (durchschnittlich 2 - 4 Wochen, vor allem Ausmasttiere). Die Bucht kann den Tieren angepasst werden. Das Liegenest wird dann nicht eingestreut.
- Der Stall ist praxisgerecht und gut zu handhaben. Der Strohbedarf ist mit 10 kg/Tier tief.
- Gegenüber einem herkömmlichen Stall (Vollspalten/Teilspalten) kann man im OF3 nicht Platz einsparen. Die Konzeption mit eingestreutem und geschütztem Liegenest ermöglicht es, die Bauhülle einfach und nicht wärmedämmend zu bauen.
- Eine spätere Nutzungsänderung ist ohne grosse Umbauten möglich.

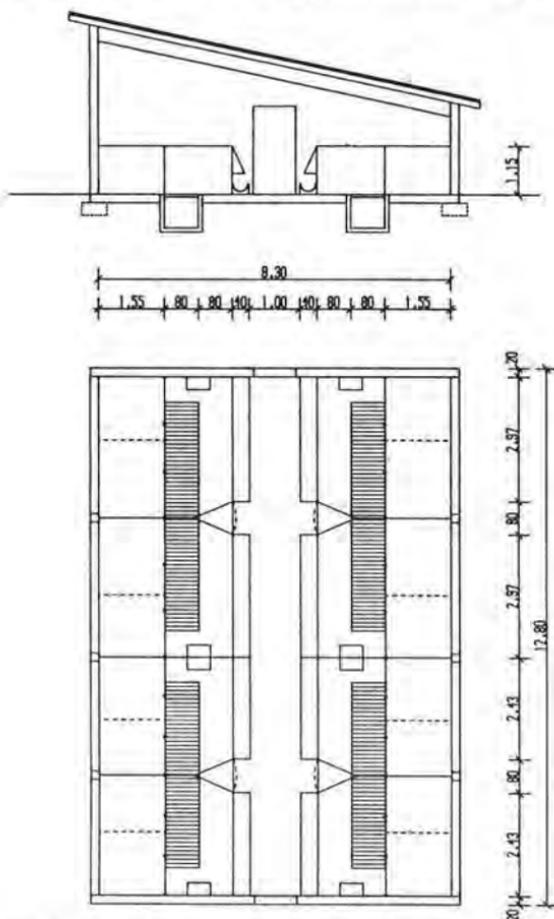


Abb. 3: Der OF3 kann in einfachen Gebäuden eingerichtet werden (Entwurf).  
 Grundriss wie Versuchsstall.

## Literatur

- HILTY, R. & K. LEIMBACHER (1991): Baukostensammlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude. - Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- HOERNIG, B. et al. (1992): Artgemässe Schweinehaltung. - Verlag C. F. Müller, Karlsruhe.
- JAKOB, P. (1987): Schweinemast im nichtwärmedämmten Offenfrontstall auf Tiefstreue. - Schriftenreihe Nr. 28, Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- JAKOB, P. & H. ETTER (1983): Die Schweinemast im Offenfront-Tiefstreustall. - Schriftenreihe Nr. 17, Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- MOLLET, P. & B. WECHSLER (1990, 1991): Auslösende Reize für das Koten und Harnen bei Hausschweinen. - Aktuelle Arbeiten zur artgemässen Tierhaltung 1990. KTBL-Schrift 344: 150-161, Darmstadt 1991.
- VON LOEPER, E. et al. (1985): Intensivhaltung von Nutztieren aus ethischer, ethologischer und rechtlicher Sicht. - Birkhäuser Verlag, Basel/Boston/Stuttgart.
- WIELAND, M. & P. JAKOB (1992): Mastschweinehaltung im nichtwärmedämmten Offenfrontstall. - Schlussbericht über ethologische Arbeiten Nr. 014.90.5, Bundesamt für Veterinärwesen, CH-3087 Liebefeld.
- WIELAND, M. & P. JAKOB (1992): Einfluss der Raumstruktur auf die Aktivität bei Mastschweinen im nichtwärmedämmten Offenfrontstall. - KTBL-Schrift 351: 209-220, Darmstadt.



# Nuckel-Abruffütterung bei Mastschweinen

Jörg Oldenburg

## Einleitung

Bei der allgemein üblichen Gruppenfütterung kann lediglich für den Durchschnitt der Tiere einer Bucht eine exakt angepaßte Futterzuteilung erreicht werden. Der bei rationierter Zuteilung durch die Gruppenhierarchie unvermeidliche Verdrängungsprozeß am Futtertrog und das Auseinanderwachsen der Tiere haben zur Folge, daß trotz an die Bedürfnisse der Gruppe angepaßter Futterzuteilung an die Gesamtheit der Tiere einer Bucht einige Tiere über- und andere im Sinne des Mastzieles unterversorgt werden. Die computergesteuerte Einzeltierfütterung in Abrufstationen mit funktechnischer Tiererkennung bietet sich auch als Lösung zur Fütterung von Mastschweinen an, zumal diese Technik in ähnlicher Form für Kühe, Kälber und Zuchtsauen in großem Umfang genutzt wird und in Zukunft bereits für die Gewinnung zuchttechnischer Daten von der Geburt der Tiere bis zum Schlachthof zum Einsatz kommen könnte.

Beim Einsatz einer für Mastschweine umgerüsteten Abruffütterungsstation für Sauen ergeben sich mehrere Problempunkte. Die Freßstelle, insbesondere das Tier-Freßplatzverhältnis, ist bei der Haltung von wachsenden Tieren, die entweder ad libitum oder schwach rationiert gefüttert werden, der begrenzende Faktor. Ein Versuch mit 20 ad libitum gefütterten Mastschweinen, die mittels einer an die Körpermaße wachsender Schweine angepaßten Abruffütterung für Sauen versorgt wurden, ergab diesbezüglich ernüchternde Ergebnisse. Diese Form der Abruffütterung wurde daher aus dem Versuchsprogramm gestrichen.

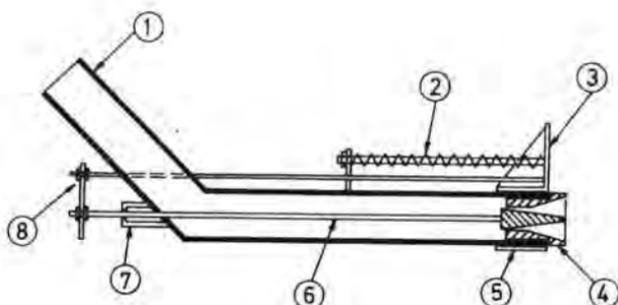
Nun könnte man zur Lösung des beobachteten Phänomens das Tier-Freßplatzverhältnis verengen und mehrere Futterstationen installieren. Dies erscheint zwar technisch möglich, jedoch weder ökonomisch noch ethologisch sinnvoll. Es wird daher versucht, das Problem durch den Einsatz einer Nuckelabruffütterung zu lösen. Die Grundkonzeption lehnt sich dabei an die Abruffütterung für Kälber, mit der Milch verabreicht wird, an. Allerdings sind an die in der Schweinemast eingesetzten Materialien andere Ansprüche als in der Kälberhaltung zu stellen. Weiterhin ist das Ziel der Nuckel-Abruffütterung für Mastschweine, breiförmige und nicht wie in der Kälberhaltung flüssige Futtermittel zu verabreichen.

---

Anschrift des Autors: Dr. Jörg Oldenburg, Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24118 Kiel.

### Aufbau der Nuckelabruffütterung

Ein für den Transport von Breifutter ausgelegtes Rohrsystem wird von den Schweinen durch ein spezielles Ventil selbst betätigt (siehe Abb. 1).



- |                            |                             |  |
|----------------------------|-----------------------------|--|
| 1 Zuleitung für Futterbrei | 4 Einschraubbares Mundstück | 7 Führung für Konus                    |
| 2 Schließfeder             | 5 Führungsmuffe             | 8 Verbindung von Konus und Druckplatte |
| 3 Druckplatte (Halbkreis)  | 6 Schließkonus              |  |

Abb. 1: Tierbetätigtes Futtermittelsventil (TbV) der ersten Generation

### **Erste Erfahrungen**

Neben einem Breifutterautomaten zur Sicherstellung einer Grundversorgung wurde die Einsatzfähigkeit unterschiedlicher TbV getestet. In den ersten parallel zum Ende des Vorversuches an anderer Stelle getesteten TbV, deren Einsatz bei Tieren mit einer Körpermasse von mehr als 60 kg als gesichert erschien, wurde versucht, auch kleinere Tiere ab ca. 25 kg Lebendmasse zu versorgen. Die kleineren Tiere nahmen die TbV der ersten Generation jedoch nur zögerlich an. Ab einem mittleren Lebendgewicht von 45kg können Mundstückdurchmesser von 25mm eingesetzt werden, für jüngere Tiere ab 25kg Lebendgewicht sollten Durchmesser von etwa 18mm zum Einsatz kommen. Der Verkleinerung der Durchmesser der Mundstücke sind technische Grenzen gesetzt. Der eingesetzte Schließkonus weist einen Aussendurchmesser von 16mm auf, der minimale Innendurchmesser der Förderleitung sollte 15,5-16mm nicht unterschreiten. Daraus ergibt sich bei einer minimal möglichen Rohrwandstärke von 1mm beim Einsatz von Edelstahlrohren ein minimaler Aussendurchmesser von 18mm.

Die Mundstücklänge vor der sich in Ruhe befindlichen Druckfläche für den Rüssel der Tiere sollte zum Anlernen der Tiere nicht länger als 2cm sein, um den Tieren schon beim vorsichtigen Berühren der Apparatur ein Erfolgserlebnis zu verschaffen. Mit zunehmendem Alter kann die Mundstücklänge bis auf 5cm verlängert werden. Zur sicheren Funktion des Systems ist die jeweils maximal mögliche Mundstücklänge anzustreben. Andernfalls kann es zu Futterverlusten durch spielende Tiere kommen.

Es ist davon auszugehen, daß innerhalb einer Mastperiode unterschiedliche an das Gewicht und damit an die Maulbeschaffenheit der Tiere angepaßte Mundstücke eingesetzt werden müssen. Wahrscheinlich werden zwei verschiedene Größen (für die Bereiche 25 - 50 kg und 50 -110 kg) ausreichend sein.



Abb. 2: Tierbetätigtes Ventil (TbV) der zweiten Generation.(links) und der dritten Generation (rechts) mit auswechselbaren an die Bedürfnisse unterschiedlich entwickelter Tiere anzupassenden Mundstücken.

Der Ansatz, den zwischenzeitlich fortentwickelten Futternuckel (TbV = tierbetätigtes Ventil) in eine vorhandene Abruffütterungsstation einzubauen, wurde verworfen. Der TbV ermöglicht die Kombination mit zwischengeschalteten Magnetventilen, sodaß ein Verschließen der Futterzuleitung bei einem nicht vorliegenden Futteranspruch seitens eines Tieres möglich ist. Eine komplette Abtrennung der TbV als Freßstelle von den übrigen Mitgliedern der Schweine-rotte ist daher nicht notwendig.

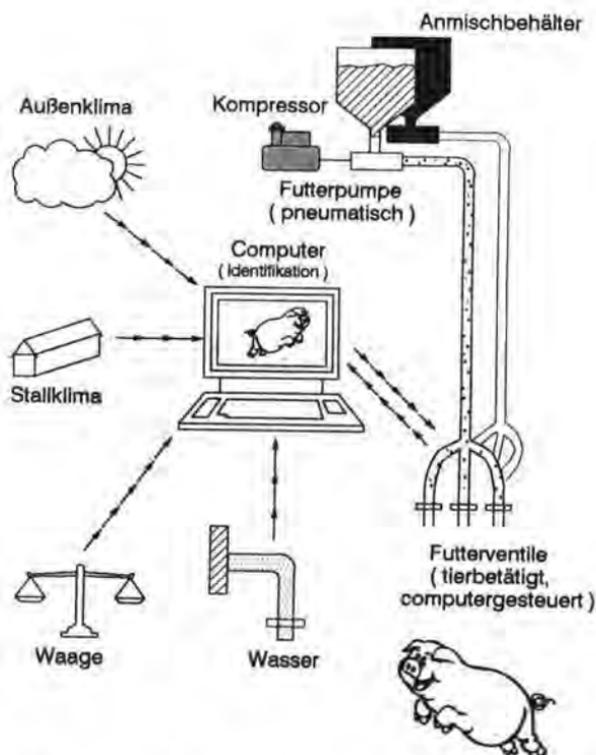


Abb. 3: Verknüpfungsmöglichkeiten von TbV, Erkennungs- und Meßtechnik

### Futterkonsistenz

Der Maximalanspruch der Entwicklung ist, möglichst wenig Wasser dem Futter beizumischen, um im späteren Gesamtsystem einen möglichst hohen Anteil freien Wassers (der von den Tieren über einen separaten meßtechnisch eingebundenen Tränkenippel aufzunehmen ist) als potentiellen Indikator für den Gesundheitsstatus, aber auch für physiologische Zusammenhänge, erfassen zu können.

Folgende Restriktion ist zu beachten: Der Futterbrei muß auch nach längeren Standzeiten durch die Zuteilventile zu fördern sein. Es dürfen sich aber auch keine Feststoffe absetzen und durch Sedimente Leitungen nachhaltig verstopfen, wie dies in den Versuchen bei einem zu hohen Anteil freien Wassers aufgetreten ist.

Erste Versuche ergaben ein pumpfähiges Trockenfutter-Wasser-Verhältnis von 1:1,75 bis etwa 1:2. Die Grenze zwischen fester Konsistenz (entspricht nicht

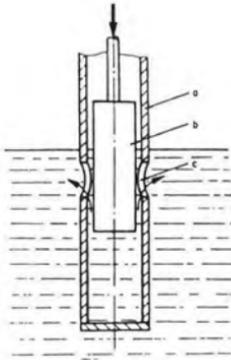
pumpfähig) und freiem Wasser mit Ablagerung von Sedimenten ist je nach Quelldauer der einzelnen Futterkomponenten sehr schmal. Es zeigte sich, daß der Futterbrei je nach Stärkeform des Futtermittels sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweist. So haben Mais-, Gerste- und Weizenstärke sehr verschiedene Quell- und Fließigenschaften, die aufgrund des schmalen Grades auf dem man sich bewegt, systemscheidend sein können. Während das eine Futtermittel nach zwei Stunden Standzeit im Rohr noch gut pumpfähig ist, ist der andere Futterbrei bereits stichfest. Da Futtermittel mit geschlossener Deklaration verfüttert werden, besteht die latente Gefahr, bei Verwendung von Fertigfuttermitteln mit einem zu niedrigen Wassergehalt im Breifutter die Förderleitungen abzudichten.

Im Rahmen einer Diplomarbeit sollten daher die Viskosität und die Fließigenschaften verschiedener Futterkomponenten in Abhängigkeit vom Wassergehalt, der Quelldauer und dem freien Wasser untersucht werden. Ein Problem ist die bisher nicht vorhandene Meßtechnik, mit der man diese Kriterien erfassen könnte. Die bekannten Techniken wie Fallzahlmeßgerät, Amylograph und Kugeldurchziehviskosimeter scheiden aufgrund der vorhandenen Stoffeigenschaften aus (keine Klebereigenschaften, keine homogene Mischung, zu grobe Bestandteile).

Messungen am 1. Oktober 1992 im Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim (ATB) mit dem Rotationsviskosimeter (Rheotest II) lieferten bei einer kleinen Änderung der Meßtechnik hingegen brauchbarere Ansätze, die jedoch auch noch nicht voll befriedigten.

Das Problem war auch hier die notwendige Anpassung der zu untersuchenden Futtermittelprobe an die Viskosimeter, wodurch man jedoch Werte erhalten würde, die in der Realität nicht vorkommen.

Es wurde daher versucht, mit einem speziell für diesen Anwendungsfall am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik in Kiel entwickelten Fallzahlmeßgerät die Unterschiede in der Futterkonsistenz je nach Wassergehalt und Quelldauer meßtechnisch zu erfassen. Das Meßprinzip beruht auf der axialen Verschiebung zweier konzentrischer Zylinder. Das Viskosimeter arbeitet mit einem zylindrischen Sinkkörper, der in ein Rohr mit Boden fällt. Dabei muß der Sinkkörper die in dem Rohr vorhandene Probe aus dem Rohr verdrängen. Der Schichtenströmung (ohne Bodeneinfluß) wird dabei eine Verdrängungsströmung überlagert. Die Fallzeit der inneren Zylinders, der zur Verdrängung der Probe führt, ist ein Maß für die Viskosität der Probe (vergl. *Norcross-Viskosimeter*, bei Profos 1978).



*Meßzelle des Norcross-Viskosimeters*  
 a) Meßrohr  
 b) Kolben  
 c) Ein- und Ausströmöffnung

Abb. 4: Meßzelle eines Norcross-Viskosimeters

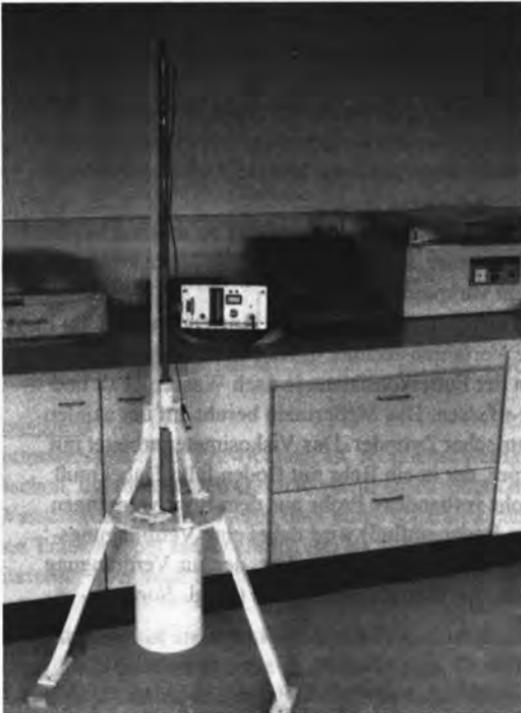


Abb. 5: Kieler Viskosimeter zur Messung der stofflichen Eigenschaften verschiedener Breifuttermittel auf Getreidebasis

Die zurückzulegende Meßstrecke des Meßkolben beträgt 203 mm bei einer Kolbenlänge von 310 mm, der Aussendurchmesser des Meßkolbens beträgt 40 mm, der Innendurchmesser des Meßzylinders 60 mm. Daraus ergibt sich ein Abstand zwischen Kolben und Zylinderwand von 10 mm.

Durch dieses Fallzahlmeßgerät können die starken Veränderungen der Viskosität der einzelnen Mischungen mit zunehmender Quellzeit und die auffälligen Unterschiede zwischen den einzelnen Getreidearten anschaulich deutlich gemacht werden.

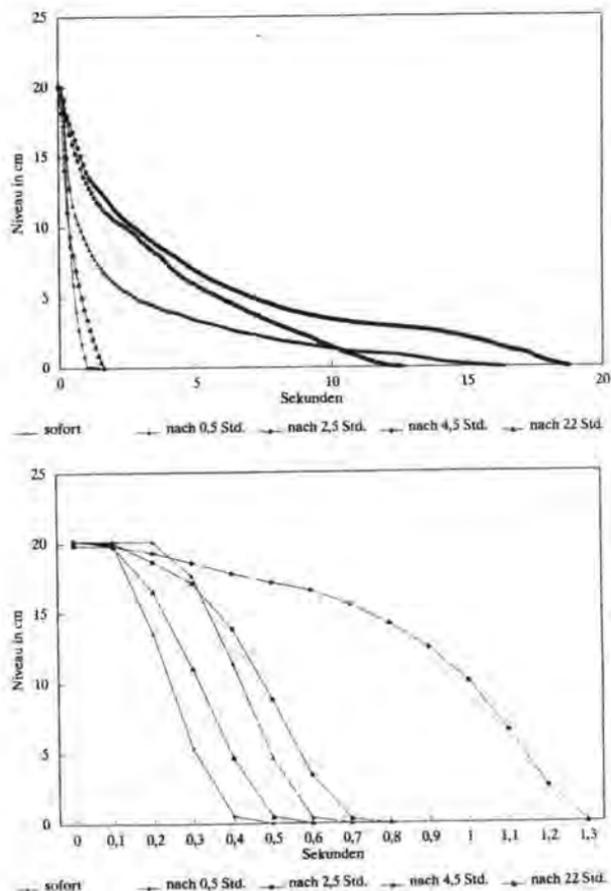
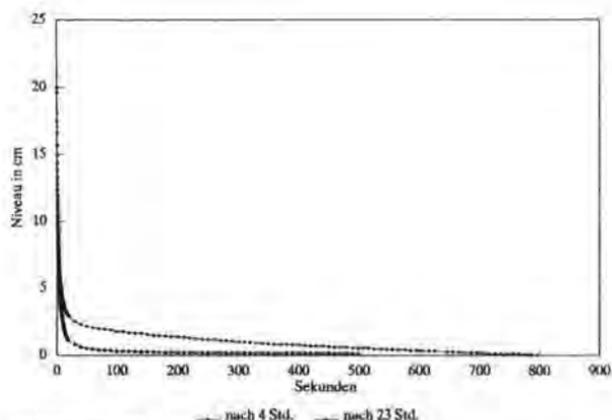
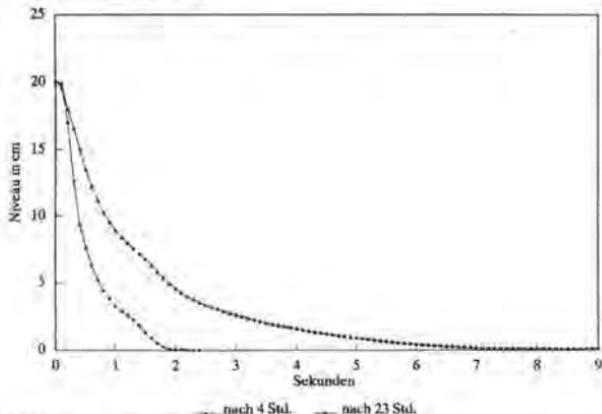


Abb. 6: Fallzeiten bei unterschiedlichen Quellzeiten in Stunden und Wassergehalt von Weizenbrot  
(oben Trockenfutter-Wasser-Verhältnis von 1:1,5; unten 1:1,75)

Weizenbreie unterscheiden sich in ihrem Verdrängungsverhalten grundsätzlich von Gerstenbreien. Die Fördergrenze lag bei der eingesetzten Fördertechnik (Eigenkonstruktion: pneumatisch betriebene Doppelkobenpumpe mit pneumatisch betätigten Drehschieberventilen) beim Weizenbrot etwa bei einem Mischungsverhältnis von 1:1,5 bei Quellzeiten von weniger als 1 Stunde. Bei längeren Quellzeiten wurden die Leitungen des Systems abgedichtet. Bei einem Mischungsverhältnis von 1:1,75 hatte die Quelldauer keinen Einfluß mehr auf die Fördergrenze.



\* Kolbenmasse + 680 g (40 %)



\* Kolbenmasse + 680 g (40 %)

Abb. 7: Fallzeiten bei unterschiedlichen Quellzeiten in Stunden und Wassergehalt von Gerstenbrot (oben Trockenfutter-Wasser-Verhältnis von 1:1,75; unten 1:2)

Reiner Gerstenbrei führte erst nach einer Mindestquellzeit von 4 Stunden zu einem meßbaren Absinken des Meßkolbens. In der Fütterungsanlage wurde Gerstenmehl daher nur als additive Komponente und nicht mono eingesetzt.

#### Fördertechnik

Die Beschickung der Futterruckel verlangt einen Massenstrom, der jederzeit unter annähernd gleichem Druck am Ventil (Nuckel, TbV) ansteht und von den Tieren variierbar ist (ähnlich einer Wasserleitung). Die Fördertechnik muß dies ermöglichen.

Weiterhin werden trockene Komponenten und Wasser als Fließhilfsmittel und Beschleuniger der Verzehrsgeschwindigkeit verarbeitet. Das heißt, daß es im System eine Übergabestelle für trockene Komponenten, die nicht gepumpt werden können, und der feuchten Phase geben muß. Ab dieser Übergabestelle soll sich keine mit Keimen kontaminierte Raumluft mehr im System befinden, um Fehlfluteinträge in das System zu unterbinden.

Für die ersten Versuche wurde ein Druckbehälter mit 20 l Rauminhalt als mit dem Futterbrei absätzig zu beschickender Vorratsraum eingesetzt. Diese Lösung befriedigte die Ansprüche an die Fördersicherheit sehr gut. Das Problem für den Einsatz in einer automatischen Fütterung ist jedoch die absätzige Beschickung: Zur Beschickung der Anlage mit Trockenfutter muß das Fütterungssystem nacheinander gesperrt, entlüftet, geöffnet, beschickt, geschlossen und wieder unter Druck gesetzt werden. Es wurde daher nach einer automatischen Lösung gesucht, wobei als Restriktion zu beachten ist, daß der Futtermischvorgang im drucklosen Raum stattfinden muß, um kein Trockenfutter gegen einen Systemdruck fördern zu müssen. Dies dürfte nämlich nur unter großem technischen Aufwand möglich sein.

Es wurde ein pneumatisch betriebener Prototyp einer Kolbenpumpe gebaut. Die Entscheidung für eine Verdrängerpumpe ergab sich aus den Ansprüchen des Fütterungssystems an die Fördertechnik. Technisch einfache Kreiselpumpen, die vergleichsweise unempfindlich sind, kommen nicht in Frage, weil man diese, um einen konstanten Systemdruck bei unterschiedlicher Futterbreiabnahme an den TbV zu erzielen, ständig gegen einen Bypass-Überdruckventil arbeiten lassen müßte. Dies erschien für eine kleine Versuchsanlage energetisch nicht sinnvoll.

Elektrisch betriebene Verdrängerpumpen wären die vordergründig einfachste Lösung. Hierfür müßte zwischen den TbV und der Pumpe eine automatische Regelung eingebaut werden, um am TbV auch bei unterschiedlichen Durchflüssen ständig einen annähernd konstanten Druck anstehen zu haben. Diese Lösung erfordert einen nicht unerheblichen Entwicklungsaufwand. Da es sich jedoch im Sinne des Versuches um ein sekundäres Problem handelt, wurde diese Lösung wieder verworfen, um die Entwicklungskapazitäten für die eigentliche Fütterungstechnik frei zu halten. Durch den Einsatz pneumatisch betriebener

Pumpen kann man die Druckkonstanz im System sehr einfach über einen handelsüblichen Kompressor quasi außerhalb der eigentlichen Fütterungstechnik erreichen. Eine elektronische Regelung entfällt bei dieser Lösung. Problematisch sind bei der letztlich eingesetzten Lösung jedoch die unterschiedlichen Strömungswiderstände des zu fördernden Futters je nach Stärkeart, Wassergehalt und Quelldauer. Eine elektrische Verdrängerpumpe hätte weniger Probleme mit dem erhöhten Anlaufkraftbedarf und könnte auf erhöhte Förderwiderstände durch eine Nachregelung des Antriebsmotors reagieren. Zu beachten ist bei der Auswahl der Fördertechnik das Ergebnis der Druckuntersuchungen, nach dem Systemdrücke von deutlich mehr als 1 bar am TbV bei einer Ventilöffnung in jedem Fall zum Hinausschießen des Futterbreies führen. Diese Situation wird, so zeigten die Versuchsergebnisse, von den Tieren gemieden.

Es wurden daher verschiedene Pumpen eingesetzt, wobei als handelsübliche Fabrikate verschiedene Pumpen der Firma ARO getestet wurde. Es handelte sich hierbei um druckluftbetriebene Doppelkolben-Membranpumpen mit Kugelventilen. Die 1 und 1,5 Zoll-Pumpen (Maß für Leitungsanschlüsse) konnten den Futterbrei nicht fördern, weil die Kugelventile aufgrund der Grobteile im Futterbrei nicht schlossen. Die eingesetzte 2 Zoll-Pumpe förderte den Futterbrei bei einem Systemdruck am TbV von maximal 1 bar nicht ausreichend schnell. Die Kugelventile dieser Pumpe waren auch im Futterbrei funktionsfähig.

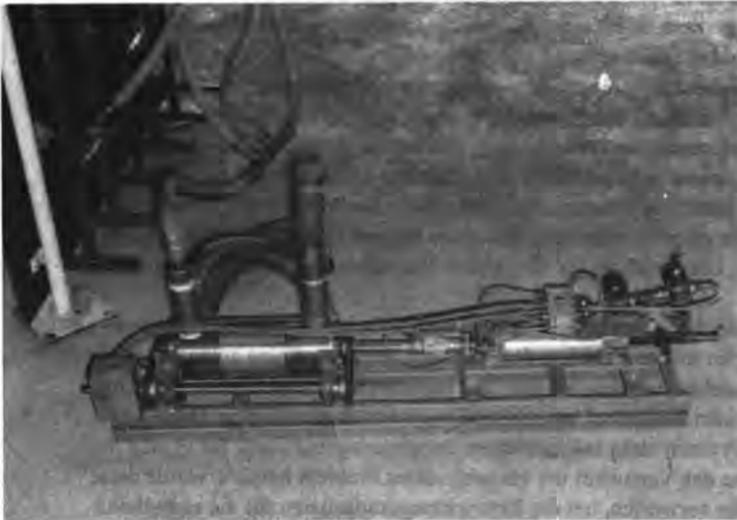


Abb. 8: Pneumatisch betriebene Doppelkolbenpumpe mit Drehschieberventilen

Im Versuch wurde daher eine Eigenentwicklung einer pneumatisch betriebenen doppelwirkenden Kolbenpumpe mit pneumatisch angesteuerten Drehschieberventilen eingesetzt. Diese Pumpe erfüllte alle gestellten Anforderungen, obwohl die Fördersicherheit des anfänglich verwendeten Druckbehälters des absetzigen Verfahrens hiermit nicht voll erreicht wurde: die in der Pumpe notwendigen Dichtungen bewirkten einen erhöhten Anlaufwiderstand.

### Ventile (TbV)

Es wurde der Öffnungswiderstand für die Tiere durch den Einsatz verschiedener Schraubenfedern optimiert. Das Innenleben der TbV wurde verändert, um nach einer längeren Funktionspause keine Futtersäule, die hinter dem vorhandenen Konus entstand, gegen die Fließrichtung des Systems drücken zu müssen.

Der optimale Einbau der TbV in den Stall ist hinsichtlich Höhe, Länge und Neigungswinkel zu den Tieren in Abhängigkeit von der Tiermasse zu untersuchen. Die Feineinstellung entscheidet nachhaltig über die Funktion des gesamten Systems.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Mit einer an die Bedürfnisse wachsender Schweine angepaßten Abruffütterung für Sauen erscheint auch unter Verwendung von Trogsensoren eine tierindividuelle Erfassung der Futteraufnahme von in Gruppen gehaltenen Tieren mit vertretbarem technischen Aufwand schwierig bis unmöglich. Es wurde daher ein anderer Weg eingeschlagen weg vom abgeschotteten Einzelfreßplatz hin zu einem engeren Tier-Freßplatzverhältnis mit offeneren Freßstellen. Dazu wurden tierbetätigte Ventile (TbV) entwickelt, mit denen die Tiere Breifutter direkt aus einer Druckleitung aufnehmen können. Ein Trog ist dazu nicht notwendig. Die TbV dürften auch bei streng rationierter Fütterung keine Durchlaufstation benötigen, weil man die TbV in einer computergesteuerten Fütterungstechnik beim Vorliegen eines nicht vorhandenen Futteranspruches elektromagnetisch sperren kann. Es kommt daher auch nicht zu Restmengen im Trog, die zum Verdrängen rangniederer Tiere durch ranghöhere Tiere führen könnten. Es ist aufgrund der bisherigen ethologischen Erfahrungen davon auszugehen, daß die Tiere den Zusammenhang zwischen Tierverdrängung und nicht vorhandenem Futter schnell begreifen.

Mittels einer Durchflußmessung kann bei gleichzeitiger Zuordnung eines TbV zu einem bestimmten Tier durch Transpondereinsatz das tierindividuelle Futteraufnahmeverhalten und die aufgenommene Menge bestimmt und mit anderen Tier- und Umweltdaten verrechnet werden. Das Ergebnis wäre eine sehr umfassende mögliche Datenerhebung bei der Schweinemast.

Bis zur Einsatzreife des skizzierten Systems sind jedoch weiter grundlegende Arbeiten notwendig.

Sich ergebende Problempunkte sind die Futterkonsistenz, die Anordnung und Winkel der TbV in Höhe und Neigung zu unterschiedlich großen Tieren, die Durchmesser und Länge der Mundstücke der TbV in Abhängigkeit vom Tiergewicht und vor allem die Anmisch- und Fördertechnik. Erst nach einer Lösung der angesprochenen Aufgaben ist die Verknüpfung aller Elemente zu einer Fütterungstechnik, mit der eine umfassende Datenerhebung erreicht werden kann, möglich.

## Literatur

- BARTUSSEK, H. & A. HAUSLEITNER (1988): Elektronische Abruffütterung und Einzeltierkennung bei Mastschweinen in Gruppenhaltung. - In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1987, KTBL-Schrift 323, Münster-Hiltrup.
- HEEGE, H. J. & T. HÜGLE (1989): Rechnergestützte Flüssigfütterung von Mastschweinen. - In: Proc. 11<sup>th</sup> Int. Congr. on Agricultural Engineering, Dublin, 4.-8. September 1989. - Agric. Engineering 2, Agric. Buildings, Rotterdam.
- KLEMENT, G. & H. EICHHORN (1989): Computergesteuerte Abruffütterung für wachsende Schweine. - In: Landtechnik, Kurzfassung der Vorträge vom 26. und 27.10.1989, Köln, Maritim-Hotel.
- PROFOS, P. (1978): Handbuch der industriellen Meßtechnik. - Vulkan-Verlag, Essen.

# **Auswirkungen einer proteinoptimierten Fütterung auf die Stickstoffbilanz in der Schweinemast (erste Versuchsergebnisse)**

**Peter Heinrichs und Jörg Oldenburg**

## **1 Einleitung**

Die Schweinemast ist mit erheblichen Veredelungsverlusten verbunden, d. h. nur ein Teil der mit dem Futter zugeführten Nährstoffe findet sich im Zuwachs der Tiere wieder. Ein Großteil der Nährstoffe verläßt den Körper ohne angesetzt zu werden und gelangt somit in die Gülle oder verflüchtigt sich als Ammoniak. Durch eine Vielzahl technischer Maßnahmen wie z. B. spezielle Haltungsverfahren, Biofilter oder bodennahe Gülleausbringung wird dann versucht, die Ammoniakemissionen zu senken.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die Stickstoffabflüsse aus der Schweinemast zu lokalisieren und zu quantifizieren, wobei dem Einfluß unterschiedlich hoher Proteinniveaus im Futter Rechnung getragen wird.

## **2 Versuchsaufbau**

Die Versuchsreihen werden auf einem landwirtschaftlichen Betrieb in der Nähe von Kiel durchgeführt, wo zwei baugleiche Stallabteile mit je 120 Plätzen zur Verfügung stehen. Um den Einfluß von Jahreszeit- und Stalleffekten auszuschließen, erstrecken sich die Versuche über vier Mastdurchgänge.

In jeder Mastperiode werden die 120 Tiere der Versuchsgruppe, ab einem bestimmten Gewichtsabschnitt, mit einem rohproteinreduzierten Futter versorgt. Parallel dazu erhalten die 120 Tiere der Kontrollgruppe ein handelsübliches Schweinemastfutter. Die Mastschweine werden auf teilperforiertem Boden in Gruppen zu je 12 Tieren gehalten und bekommen ihr Futter ad libitum über Automaten.

### **2.1 Futterzusammensetzung**

Die Fütterung der Tiere ist in Vor- und Endmast unterteilt. Während der Vormast, bis zu einem Gewicht von 35 - 40 kg, erhalten beide Gruppen das gleiche Futter. Es

---

Anschrift der Autoren: Dipl.-Ing. agr. Peter Heinrichs, Dr. Jörg Oldenburg, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24118 Kiel, Tel.: 0431/880-2355.

handelt sich dabei um eine Futtermischung auf Getreidebasis mit den Hauptkomponenten Gerste, Weizen und Sojaschrot. Der Rohproteingehalt diese Futters liegt bei 17 %, der Energiegehalt bei 12,6 MJ. In der Endmast ändert sich die Futterzusammensetzung für die beiden Gruppen (Abb.1).

Futter für die Kontrollgruppe ab 35-40 kg		Futter für die Versuchsgruppe ab 35-40 kg	
<b>Gehalte an Inhaltsstoffen</b>			
17%	Rohprotein	13,50%	
4,50%	Rohfett	4,50%	
5,00%	Rohfaser	5,00%	
0,60%	Phosphor	0,60%	
0,80%	Calcium	0,80%	
13	MJ ME	12,8	
1%	Lysin	0,85%	
0,50%	Met/Cys	0,50%	
0,65%	Threonin	0,65%	
<b>Zusammensetzung</b>			
35,00%	Gerste	25,00%	
30,50%	Weizen	23,40%	
15,30%	Sojaschrot	/	
1,50%	Futterfett	2,00%	
3,00%	Maiskeimschrot	18,45%	
2,00%	Melasse	4,00%	
5,00%	Erbsen	8,90%	
5,00%	Rapsexpeller	10,00%	
/	Maniok Hard Pellets	5,00%	
/	Lysin	0,30%	
/	Threonin	0,05%	
Heinrichs 1993	<b>Gehalte an Inhaltsstoffen und Futterzusammensetzung für Versuchs- und Kontrollgruppe</b>		

Abb. 1: Gehalte an Inhaltsstoffen und Futterzusammensetzung für Versuchs- und Kontrollgruppe

Wie aus Abbildung 1 deutlich wird, beträgt der Rohproteingehalt im Futter der Versuchstiere 13,5 %, der Energiegehalt 12,8 MJ. Gegenüber dem Futter der Kontrolltiere bedeutet das eine Reduzierung um 3,5 % Rohprotein und 0,2 MJ Energie. Die geringeren Gehalte der Aminosäuren Lysin und Threonin in der Versuchsration sind durch die bessere Verdaulichkeit der künstlich erzeugten Aminosäuren zu erklären, welche dieser Ration beigemischt werden.

Bei der Zusammensetzung des Futters für die Versuchsgruppe sind die Mengen der Eiweißträger Gerste und Weizen gesenkt worden. Sojaschrot ist in dieser Ration nicht

vorhanden. Die Anteile von Maiskeimschrot, Rapsexpellen und Maniok Hard Pellets sind hingegen angestiegen. Ferner werden dieser Ration Lysin und Threonin zugesetzt. Das Futter für die Tiere ist pelletiert und es findet stichprobenartig eine Untersuchung des angelieferten Futters statt.

## 2.2 Quantifizierung von Stickstoff

Um Aussagen zur Stickstoffbilanz machen zu können, ist es erforderlich den Stickstoff, der den Stall verläßt, zu erfassen und die Menge zu bestimmen. Es müssen die Stickstoffmengen quantifiziert werden, welche über die drei Wege

- Schachtschwein
- Abluft und
- Gülle den Stall verlassen (Abb. 2).



Abb. 2: Wege, über welche Futterstickstoff den Stall wieder verläßt und Möglichkeiten der Quantifizierung

Die Schätzung des Stickstoffgehaltes in den Schlachtkörpern erfolgt anhand der Schlachtdaten (Lebendmasse, Ausschachtung, Muskelfleischanteil...). Turnusgemäße Leistungskontrollen während der Mastzeit geben Aufschluß über die Entwicklung der täglichen Zunahmen.

Die Schweinegülle wird im Stall, während der Lagerzeit und vor der Ausbringung auf die Gehalte an Gesamtstickstoff, Ammoniumstickstoff, Trockenmasse und pH-Wert analysiert. Bei jeder Probenahme wird die aus dem Stall abgelassene Güllemenge quantifiziert. Die physikalischen Eigenschaften, welche über die Handhabbarkeit der

Gülle Auskunft geben, lassen Abhängigkeiten vom Proteinniveau des Futters erwarten. Während und nach der Gülleausbringung auf dem Feld werden die Ammoniakemissionen mit Hilfe von Windtunneln erfaßt.

Die Messung des Ammoniakgehaltes in der Stallabluft erfolgt mit zwei parallel arbeitenden Verfahren. Es handelt sich um eine elektrische Online-Konzentrationsbestimmung und um ein naßchemisches Verfahren (Säurefallen). Eine gleichzeitige Volumenstromerfassung ermöglicht die Feststellung der Ammoniakemissionen.

Die elektrischen Online-Messungen geben Auskunft über tageszeitliche Konzentrationsschwankungen von Ammoniak. Es handelt sich bei den Geräten um so genannte Polytron Meßköpfe der Fa. Dräger, die mit einem elektrochemischen Sensor arbeiten. Das Probengas diffundiert durch eine Membran in eine elektrochemische Meßzelle mit drei Elektroden, wobei das Meßsignal der Potentialänderung in der Meßzelle entspricht. Der Meßbereich liegt zwischen 0 - 70 ppm. Mit einer Drift von ca. +/- 5 ppm pro Monat ist bei dem Nullpunkt zu rechnen, während die Empfindlichkeit eine Drift von ca. +/- 10 % im Monat aufweist.

Um ein absetziges Verfahren handelt es sich bei der naßchemischen Bestimmung von Ammoniak in der Stallabluft (Abb. 3).

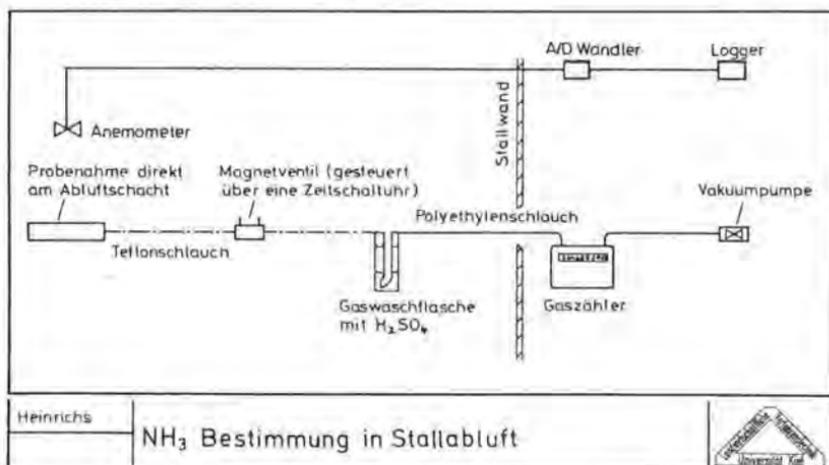


Abb. 3: Ammoniakbestimmung in der Stallabluft

Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe einer Vakuumpumpe eine Probe der Stallabluft durch ein Säurebad geleitet. Die Magnetventile werden über eine Zeitschaltuhr gesteuert, so daß die Probenluft nach einem bestimmten Zeitabschnitt in ein anderes Säurebad gelangt. Ein Gaszähler gibt Auskunft über die geförderte Luftmenge, welche

über einen definierten Zeitraum gefördert wird. Probleme können z. B. durch Verdunstungsverluste der Säure bei zu trockener Stallluft und durch Kondenswasserbildung in den Luftschläuchen auftreten.

Anemometer in den Abluftschächten messen die Abluftgeschwindigkeit, wobei sie eine bestimmte Frequenz erzeugen, welche von einem A/D Wandler transponiert wird. Die Daten werden dann von einem Data Logger aufgezeichnet. Eine Automatisierung ist bei diesem Verfahren kaum möglich, ferner ist es apparativ sehr aufwendig und umständlich.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Schlacht- und Mastleistungen

In Abbildung 4 sind die Schlacht- und Mastleistungen der beiden Gruppen aufgeführt, welche im ersten Mastdurchgang ermittelt worden sind. Für die Versuchsgruppe konnten die Daten von 115, für die Kontrollgruppe von 113 Tieren ausgewertet werden.

	Versuchsgruppe	Kontrollgruppe
Einstallgew.	24,76 kg	24,85 kg
Schlachtgew.	105 kg	104,1 kg
Mastlage	116,9	121,4
Tägl. Zunah.	686 g	652 g
MFA - Werte	55,60%	56,66%
Futterverw.	1:3,24	1:3,31

Heinrichs  
1993

**Schlacht- und Mastdaten vom ersten Mastdurchgang**



Abb. 4: Schlacht- und Mastdaten vom ersten Mastdurchgang

Die Einstallgewichte der Tiere waren bei den beiden Gruppen fast identisch. Einen Unterschied von 0,9 kg zugunsten der Versuchsgruppe ergab sich für die Schlachtgewichte, obwohl die mittlere Mastdauer dieser Tiere um 4,5 Tage unter der durchschnittlichen Mastdauer der Kontrolltiere lag. Die Ursache für die längere Mastdauer der Kontrolltiere liegt in der um durchschnittlich 34 g geringeren Tageszunahme. Die

Differenz in den Tageszunahmen beruht zu einem großen Teil auf einem Krankheits- einbruch (Influenza) während der Mastzeit. Dieser wirkte sich auf die Kontrollgruppe wesentlich stärker aus als auf die Versuchsgruppe. Die gleiche Beobachtung wurde während der laufenden zweiten Mastperiode gemacht. Die Kontrollgruppe konnte mit 56,66 % Muskelfleisch einen Prozentpunkt mehr erzielen als die Versuchsgruppe. Der Unterschied zwischen den Gruppen bei der Futtermittelverwertung fällt sehr gering aus.

### **3.2 Inhaltsstoffe der Gülle**

Die Stickstoffgehalte der Gülle unterscheiden sich um 0,11 %. Es konnte für die Gülle der Versuchsgruppe ein durchschnittlicher Stickstoffgehalt von 0,52 % (min. 0,5 %, max. 0,65 %) festgestellt werden. Hieraus ergab sich für diese Gruppe eine absolute Stickstoffmenge in der Gülle von 304,29 kg. Für die Gülle der Kontrollgruppe lag der mittlere Stickstoffgehalt bei 0,63 % (min. 0,53 %, max. 0,76 %) und die absolute Stickstoffmenge bei 374,91 kg.

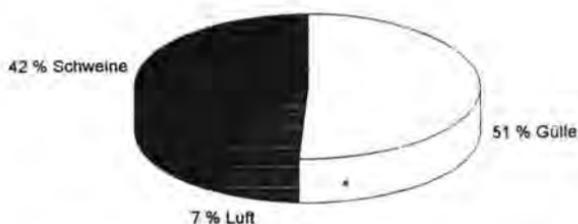
Ein Durchschnittswert von 10,46 % (min. 9,21 %, max. 13,1 %) Trockenmasse ist für die Gülle der Versuchsgruppe ermittelt worden. Einen mittleren Trockenmassegehalt von 9,73 % (min. 7,95 %, max. 12,56 %) wurde in der Gülle der Kontrolltiere festgestellt. Das Verlustwasser, welches anfällt, wenn die Tiere am Tränkebecken spielen, ist nicht aufgefangen worden und konnte somit in die Gülle gelangen. Der Trockenmassegehalt der Schweinegülle wurde dadurch gesenkt.

### **3.3 Quantifizierung der Stickstoffmengen**

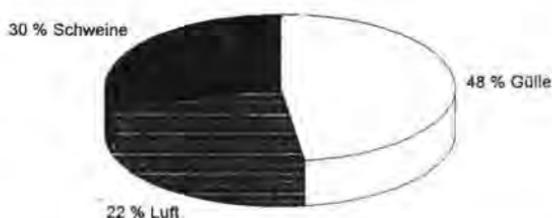
Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, daß es sich um die Ergebnisse von einem Mastdurchgang mit insgesamt 228 Tieren handelt. Eine Verschiebung der Relationen durch die Ergebnisse der nächsten Mastperioden ist möglich, da Stall- und Jahreszeiteffekte nicht ausgeschlossen werden können.

Die in Abbildung 5 dargestellten Werte beruhen auf der Annahme, daß Rohprotein im Mittel 16 % Stickstoff enthält. Die Stickstoffwerte für Schlachtschweine und Gülle haben sich rechnerisch aus den bisherigen Versuchsergebnissen ergeben. Die Gehalte von Stickstoff in der Stallluft beruhen auf Differenzbildung zu den beiden anderen Bereichen, weil bisher erst eine geringe Anzahl von Daten zum Ammoniakgehalt in der Stallluft ausgewertet worden sind.

**Stickstoffoutput der Versuchsgruppe, bei einem Stickstoffinput von 5,85 kg pro 100 kg Schlachtmasse**



**Stickstoffoutput der Kontrollgruppe, bei einem Stickstoffinput von 8,07 kg pro 100 kg Schlachtmasse**



Heinrichs 1993	<b>Stickstoffverteilung bei verschiedenen Futtrationen</b>	
-------------------	--	--

Abb. 5: Stickstoffverteilung bei unterschiedlichen Futtrationen

Aus Abbildung 5 wird ersichtlich, daß für die Versuchsgruppe ein erheblich geringerer Stickstoffaufwand nötig war, um eine Schlachtmasse von 100 kg zu erzeugen. Die Differenz zur Kontrollgruppe betrug 2,22 kg Stickstoff pro 100 kg Schlachtmasse.

Bei der relativen Verteilung des Stickstoffoutputs hat sich für den Bereich der Gülle mit 3 % Differenz zugunsten der Versuchsgruppe der kleinste Unterschied zwischen den beiden Gruppen ergeben. Die Versuchstiere haben, relativ gesehen, mit 42 % wesentlich mehr des Stickstoffinputs im Körper angesetzt als die Kontrollgruppe mit 30 %. Ferner hat sich bei der letztgenannten Gruppe ein prozentual größerer Anteil des Inputs in die Stallabluft und damit in die Atmosphäre, verflüchtigt.

#### 4 Zusammenfassung

Die ersten Ergebnisse dieser Versuchsreihen haben gezeigt, daß sich mit einem proteinoptimierten Futter in der Schweinemast, im Vergleich zum herkömmlichen Futter, gute Ergebnisse in Beziehung auf die Mast- und Schlachtleistungen erzielen lassen.

Der Stickstoffinput zur Erzeugung von 100 kg Schlachtmasse war für die Tiere der Versuchsgruppe deutlich geringer. Zudem wurde durch die proteinoptimierte Fütterung der Stickstoffgehalt in der Gülle abgesenkt und die Tiere haben einen größeren Anteil vom verzehrten Stickstoff im Körper angesetzt. Durch den geringeren Ammoniakgehalt in der Stallabluft, bei proteinreduzierter Fütterung, könnte es zu positiven Auswirkungen auf nachgelagerte Bereiche, wie z. B. verminderte Anhäufung von Ammoniak in Biofiltern, kommen.

# Optimierung des Rührwerks und der Anlagensteuerung von Flüssigfütterungsanlagen

Hermann Knechtges

## Einleitung

Grundsätzlich sollte die Fütterung an den Nährstoffbedarf der Tiere angepaßt sein. Dies gewinnt zunehmend an Bedeutung, da der erzielbare Deckungsbeitrag in der Schweinemast keinen Spielraum für eine suboptimale Nährstoffversorgung läßt. Die Gülleverordnungen der Länder regulieren den Viehbesatz pro Hektar und erlauben bei Nachweis einer nährstoffangepaßten Fütterung höhere Grenzwerte. Die quantitative und qualitative Anpassung der Futtermischung an den jeweiligen Bedarf der Mastgruppe erfordert eine weiter entwickelte Fütterungstechnik. Eine nährstoffangepaßte Fütterung ist mit Schweinen in unterschiedlichen Mastabschnitten nur durch eine Phasenfütterung realisierbar. Sowohl bei der Anmischung als auch bei der Zuteilung des Futters wurden schon immer hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Fütterungsanlage gestellt, die jedoch mit der Realisierung einer Phasenfütterung weiter verschärft werden.

## Phasenfütterung

Trotz komplexer Bedarfsfunktionen, die mittlerweile von dem Fütterungscomputer auch in entsprechende Rationen umgesetzt werden können, kann in der landwirtschaftlichen Praxis eine optimale Versorgung einzelner Buchten in größeren Einheiten nicht gewährleistet werden, wenn Tiere in unterschiedlichem Wachstumsstadium in einem Stall zu füttern sind. Dieser Problematik kann durch die Phasenfütterung entsprochen werden, indem alle an einer Anlage angeschlossenen Buchten mit unterschiedlichen Rezepturen bedient werden. In der Einführungsphase befinden sich derzeit verschiedene Fütterungssysteme, die in Abb. 1 zusammengestellt sind.

Der Versuch einer Bewertung dieser Konzepte wurde in Abb. 2 unternommen. Im Vergleich zur Einphasenfütterung entstehen bei Konzept 1 nahezu die doppelten Kosten, wobei die gesamte Fütterungsdauer nicht verlängert wird. Dem gegenüber können durch einen kleineren Anmischbehälter bei Konzept 4 die Anlagenkosten sogar reduziert werden, es wird jedoch eine wesentliche längere Zeit für die Fütterung beansprucht. An die Genauigkeit der Eindosierung werden bei allen Verfahren der Phasenfütterung höhere Anforderungen gestellt, da die absolut eindosierten Massen kleiner werden und damit der prozentuale Fehler zunimmt.

---

Anschrift des Autors: Prof. Dr.-Ing. Hermann Knechtges, Fachhochschule Nürtingen, Schelmenwasen 4-6, 72622 Nürtingen.

Die je Ventil ausdosierte Masse wird bei Konzept 1 und 2b kleiner, woraus sich die Forderung nach einer Verbesserung der Dosiergenauigkeit ergibt. Die übrigen Konzepte verlangen zum Teil erheblich aufwendigere Regelungssoftware, die jedoch den Bediener nicht überfordern sollte.

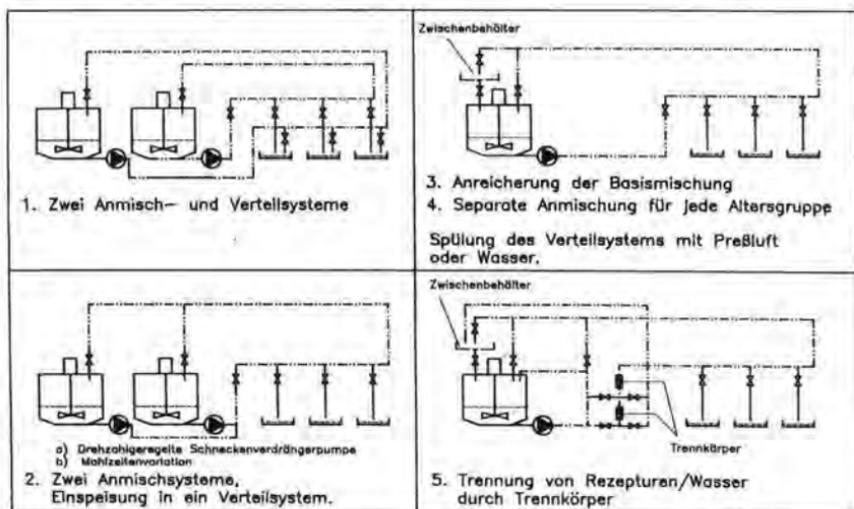


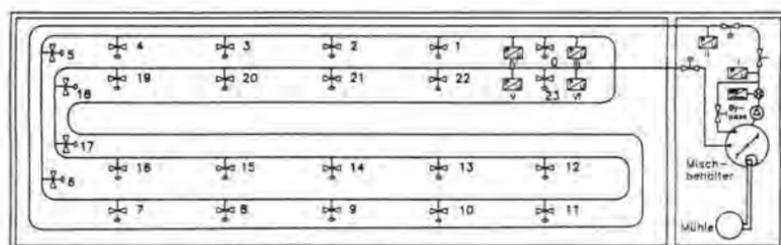
Abb 1: Anlagentechnische Konzepte für die Mehrphasenfütterung

Konzept	Bewertungskriterium	Anlagenkosten ca. in %	Anforderungen an die Genauigkeit der			Besonderheiten
			Ein-dosierung	Aus-dosierung	Steuerungssoftware	
Zwei Anmisch- und Verteilsysteme	1	200	höher	höher	gleich	kurze Fütterungszeiten
Zwei Anmischsysteme, Einspeisung in ein Verteilsystem	2	140-200	höher	höher	höher	a) Förderung von Mischung mit hohem Trockenmassegehalt möglich b) 4-phasig bei 3 Mahlzeiten
Anreicherung der Basismischung	3	100-120	höher	gleich	höher	Bei Spülung mit Wasser ist die Rohrleitungslänge limitiert
Separate Anmischung für jede Altersgruppe	4	90-120	höher	gleich	höher	Bei Spülung mit Wasser ist die Rohrleitungslänge limitiert Rel. lange Fütterungszeiten
Trennung von Futter/Wasser durch Trennkörper	5	120-140	höher	gleich	höher	Technik der Phasen-fütterung wie bei 3 oder 4

Abb 2: Bewertung der verschiedenen Konzepte für die Mehrphasenfütterung im Vergleich zur Einphasenfütterung

## Flüssigfütterungssimulationsanlage

Mit dem Ziel grundlegende Erkenntnisse bezüglich der strömungsdynamischen Vorgänge in einer Flüssigfütterungsanlage zu gewinnen und deren quantitative und qualitative Ein- und Ausdosiergenauigkeit auch aus den genannten Gründen zu verbessern, wurde am Institut für Landtechnik der JLU Gießen mit Unterstützung der DFG eine Flüssigfütterungs-Simulationsanlage aufgebaut. In dem Anlagenplan in Abb. 3 sind 6 Drucksensoren eingezeichnet, die eine umfassende Beurteilung des dynamischen Druckes im System erlauben. Mit einem Datalogger werden neben diesen Signalen auch die Ansteuersignale der Ventile, die Bewegung einer Ventilmembrane, das Signal des Durchflusssensors und der Waage sowie das Drehmoment des Rührwerks aufgezeichnet. Die Anlage erlaubt Modifikationen bezüglich der Anordnung der Rohrleitungen und bezüglich der Regelungssoftware. Losgelöst von dem Fütterungsrythmus im landwirtschaftlichen Betrieb können auch wissenschaftliche Fragestellungen behandelt werden.



Vorlauflänge (Pumpe bis 1. Ventil)	: 120 m,	3 Bögen mit Radius 9 Bögen mit Radius Inhalt : 307 l	$r = 165$ mm $r = 220$ mm
Verteilstrecke (1. bis letztes Ventil)	: 94 m,	6 Bögen mit Radius Inhalt : 240 l	$r = 220$ mm
Rücklauf (letztes Ventil bis Rücklaufventil)	: 8 m,	2 Bögen 45° geknickt 1 Bogen mit Radius Inhalt : 19,5 l	$r = 220$ mm

Abb. 3. Anlagenschema der Flüssigfütterungssimulationsanlage

### Mischung von Flüssigfutter

Die flüssigen und mehlartigen Komponenten des Futters müssen zu einem homogenen Gemisch aufbereitet werden. Dazu werden die Komponenten in einem Misch- und Wiegebehälter angerührt.

An den bereits beschriebenen Anlagen wurden zwei unterschiedliche Rührorgane untersucht, deren Geometrie in Abb. 4 und Abb. 5 wiedergegeben ist. Das erste Rührwerk (Serienausstattung der Anlage) erzwingt primär eine tangentiale Strömrichtung, während das zweite Rührwerk primär eine axiale Strömung induziert. Die Umfangsge-

schwindigkeit des Rührwerks wurde sowohl durch unterschiedliche Übersetzungen im Getriebe als auch stufenlos durch einen Frequenzumrichter variiert.

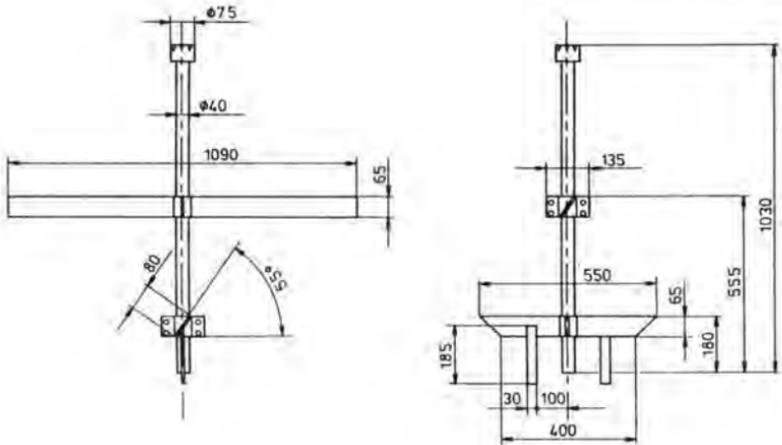


Abb. 4 Seriennäßiges Rührwerk der Versuchsanlage mit tangentialer Strömung (Kreuzbalkenrührwerk)

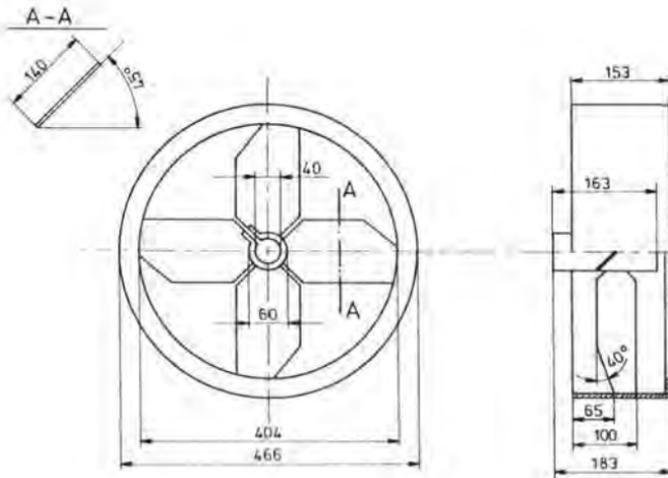


Abb. 5 Propellerkranzrührwerk mit axialer Strömung, eingebaut in den mit zusätzlichen Strömungseinrichtungen ausgestatteten Mischbehälter

Ziele der Untersuchungen am Mischbehälter waren:

1. Die Schwingung des Mischbehälters und damit die Anregung der Waage zu minimieren bzw. die Anregungsfrequenz an dem kritischen Frequenzbereich zu verlagern.
2. Den Energieaufwand für den Rührvorgang zu minimieren.
3. Den Mischvorgang zu beschleunigen.
4. Die Einmischung von Luft zu minimieren.

Der Vergleich der beiden Rührwerksformen wurde ergänzt durch eine zusätzliche Variante mit in den Mischbehälter eingebauten großflächigen Strömungsleitblechen. Die Form der zusätzlichen Strömungsleiteinrichtung kann aus Abb. 5 entnommen werden. Als Behälterinhalt wurde sowohl Wasser als auch Flüssigfutter in der Standardrezeptur verwendet. Das serienmäßige Rührwerk hat im stationären Zustand einen Drehmomentbedarf von ca. 10 Nm, was bei einer Antriebsdrehzahl von 1400 U/ min einem Leistungsbedarf von ca. 1,5 kW entspricht. Die Eigenfrequenz beträgt ca 2,4 Hz. Das modifizierte Rührwerk weist nur noch einen Drehmomentbedarf von ca. 4,0 Nm. Das entspricht weniger als der Hälfte der Antriebsleistung des serienmäßigen Rührwerks. Die Grundfrequenz der Schwingung des Drehmomentes liegt bei ca. 8 Hz und damit in einem Bereich, der sich auch noch auf das Waagsignal störend auswirken könnte.

Die Bewertung der Mischqualität gestaltet sich sehr schwierig, da nach genügend langer Mischzeit bei nahezu allen Rührwerksformen ein an der Oberfläche optisch homogenes Gemisch erzielt wird. Inhomogenitäten der Mischung lassen sich bedingt mit einem in /1/ näher beschriebenen Probenahmestab nachweisen, allerdings kann dieser Stab nicht bei allen Rührwerksformen bei laufendem Rührwerk verwendet werden.

Bezüglich der Mischqualität wurden die drei bereits beschriebenen Rührwerks- und Behältervarianten untersucht. Ohne Strömungsleiteinrichtung formte sich bei beiden Rührwerken eine starke Rotation des gesamten Behälterinhaltes aus, die vor allem bei dem schneller laufenden Rührwerk mit einer starken Trombenausbildung verbunden war. Eine solche Rotation des Mischgutes kann aufgrund der Zentrifugalwirkung zu einer Entmischung des Mischgutes führen und sollte vermieden werden. Neben der exzentrischen Anordnung des Rührwerks, was mit dem vorhandenen Mischbehälter und den Rührwerken nur schwer realisierbar ist, stellt der Einbau einer Strömungsleiteinrichtung, wie sie in Abb. 5 dargestellt ist, eine wirkungsvolle Möglichkeit dar, Tangentialströmungen zu reduzieren und die Trombenbildung einzuschränken. Mit dieser gezeigten Rührwerksanordnung wurden die günstigsten Strömungsverhältnisse erreicht. Die Behälterform ist jedoch nicht gut auf den Rührwerkstyp abgestimmt.

Die in Abb. 6 eingezeichneten Hauptströmungen in axialer und radialer Richtung bewirken die beste Durchmischung, wenn der Behälterboden die Form eines Klöpperbodens hat. In dieser Form sind üblicherweise auch die Mischbehälter in der chemischen Industrie ausgebildet. In der Kegelspitze entsteht eine Tangentialströmung, die

Ablagerungen im Sumpf und im Grenzbereich der beiden Strömungen zur Folge hat. Die vorliegende Behälterform erfordert ein weiteres Rührorgan im unteren Bereich.

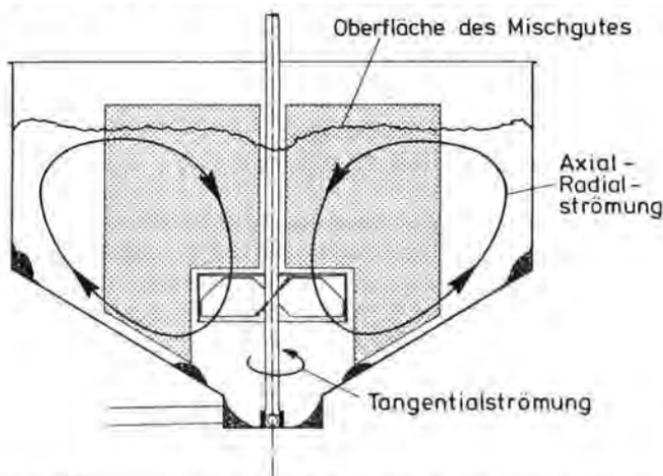


Abb. 6: Ausbildung der Strömungsverhältnisse im Originalmischbehälter (Propellerkranzrührwerk mit Strömungsleiteinrichtung)

Die Herstellung eines Behälters mit Klöpperboden ist jedoch deutlich teurer als die des verwendeten. Um die in Abb. 6 erkennbaren Ablagerungszonen von schweren Mischungsbestandteilen zu reduzieren, wird eine kostenneutrale Modifikation des Behälters vorgeschlagen, bei der der Boden der Behälter kegelstumpfförmig ausgebildet ist.

Damit wären folgende Vorteile verbunden:

- Ablagerungen im Bereich des Auslaufs, die zu extrem inhomogenem Gemisch führen können, werden vermieden.
- Die Bauhöhe des Behälters wird deutlich geringer.
- Auf ein zweites Rührorgan kann gegebenenfalls verzichtet werden.
- Die Rührwelle wird kürzer, ggfs. kann auf den unteren Lagerungspunkt verzichtet werden.

Bei dem Anmischen von Flüssigfutter ist die Einmischung von Luft zu minimieren. Inkorporierte Luft macht das Futter kompressibel, was für den Ausdosiervorgang deutliche Nachteile mit sich bringt. Die Lufteinschlüsse beschleunigen die mikrobiologischen Alterungsprozesse des Futters vor allem während der Zeit zwischen den Fütterungen, in der das Futter in der Ringleitung im Stall verweilt.

Die inkorporierte Luft ist nur sehr schwer zu quantifizieren. Als einfaches Indiz wurde die Zeit festgehalten, in der nach Abschalten des Rührwerks noch sichtbare Luftblasen aus der Mischung aufstiegen. Diese Zeit korreliert mit dem Anteil der eingemischten Luft. Die Ergebnisse, die mit den drei Rührwerksvarianten festgestellt wurden, sind in

Abb. 7 wiedergegeben. Die größte Luftinkorporation weist das serienmäßige Rührwerk auf. Mit dem schneller laufenden Propellerkranz-Rührwerk sank die Luftinkorporation nur geringfügig, was vor allem auf die starke Trombenbildung zurückzuführen ist. Durch den zusätzlichen Einbau der Strömungsleiteinrichtung wurde die Luftinkorporation auf ein vertretbares Maß reduziert.

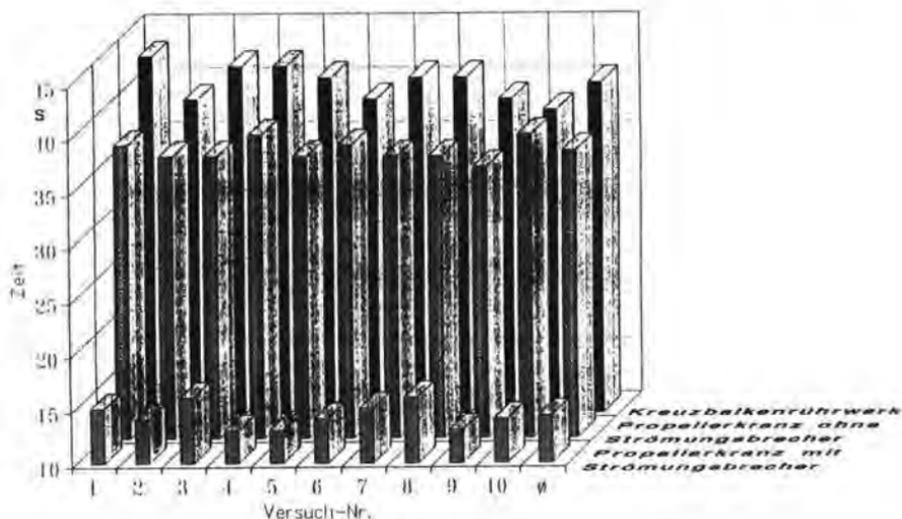


Abb 7: Luftaufstiegszeit nach Abschalten des Rührwerks bei drei verschiedenen Rührwerken

## Ausdosierung

Zur Beschreibung eines Ausdosiervorganges ist es notwendig, die Druck- und Strömungsverhältnisse im Verteilsystem der Flüssigfütterungsanlage näher zu untersuchen. In Abhängigkeit von der Leitungslänge zwischen Pumpe und Ventil und den Strömungsverhältnissen im Ventil sowie der Öffnungscharakteristik des Ventils ergibt sich der Massenstrom an den einzelnen Ventilen. In einer Versuchsreihe wurde der zeitabhängige Massendurchsatz für 9 Ventile der Anlage ermittelt. Der ventilspezifische Massenstrom ist die entscheidende Kenngröße für eine zeitabhängige Ausdosierung. Eine Regressionsrechnung ergab Verläufe, aus denen hervorgeht, daß die alleinige Berücksichtigung der Leitungslänge für eine numerische Bestimmung des Durchflusses über die Zeit nicht ausreicht.

Für die Regressionsrechnung wurde folgender allgemeingültiger Ansatz gewählt:

$$m = a \cdot t^b - a \cdot t_0^b$$

mit

$$m = \text{ausdosierte Masse} \quad [\text{kg}]$$

$t$	= Ventilöffnungszeit	[s]
$t_0$	= Totzeit	[s]
$a, b$	= Regressionskonstanten	

Erst durch die Berücksichtigung einer Totzeit  $t_0$ , die die Zeitverzögerung beim Öffnen des Ventils beschreibt, konnten nach dieser Funktion auch bei kleinen Ausdosiermengen hohe Genauigkeiten erreicht werden. Die Totzeit wurde ebenfalls durch die Regressionsrechnung bestimmt. Sie steigt mit zunehmender Entfernung von der Pumpe an und beträgt am ersten Ventil 0,26 s, am 16. Ventil erreicht sie 0,525 s. Mit der Ausdosierung nach Zeit können vor allem sehr kleine Massen relativ genau ausdosiert werden. Bei einem Sollwert von 2 kg, ergibt der Mittelwert über alle Ventile 2,059 kg bei einem Variationskoeffizienten von 3,87 %. Eine reine Steuerung der Ausdosierung über die Ventilöffnungszeit ohne Berücksichtigung des Waagensignals erscheint jedoch nicht sinnvoll, da Änderungen der Rezeptur starken Einfluß auf das Dosierergebnis haben. Die Kenntnis der Ventildurchflußfunktion ist jedoch von Bedeutung, wenn neuartige Regelstrategien zur Anwendung kommen.

Die Steuerung der Ausdosierung des Futters erfolgt bei den heute üblichen Flüssigfütterungsanlagen nach dem Waagensignal des Mischbehälters. Dabei wird in der Regel davon ausgegangen, daß die aus dem Behälter entnommene Masse auch an den Ventilen ausdosiert wurde.

Die Dosierung nach dem Signal eines Durchflußsensors hat an Bedeutung verloren, da jede Änderung der Rezeptur einen Kalibriervorgang erforderlich macht. Die erzielbare Genauigkeit (Auflösung) der bei Flüssigfütterungsanlagen üblicherweise verwendeten Durchflußsensoren ist zudem nicht ausreichend. Vor allem bei niedrigen Durchflußgeschwindigkeiten treten große Meßgenauigkeiten auf. Eine automatische Eindosierung der Komponenten erfordert ohnehin eine Wägung des Anmischbehälters, so daß das Waagensignal für die Ausdosierung zur Verfügung steht.

Das Waagensignal eines Anmischbehälters wird durch eine Vielzahl von Störfaktoren beeinflusst. Die wichtigsten Störfaktoren sind dabei:

- Durch das Rührwerk induzierte Massenkräfte in horizontaler und vertikaler Richtung,
- Kraftnebenschlüsse an den Zuleitungen und am Auslauf zur Pumpe,
- Impuls des vertikal in den Behälter eingeleiteten Massenstromes beim Umspülen durch den Kreislauf,
- Impuls des Massenstromes der Komponenten beim Eindosieren,
- Eigenschwingung des Anmischbehälters,
- Elektrische Störgrößen, deren Ursachen in den Sensoren und Verstärkerbauteilen zu suchen sind.

Das Rührwerk induziert Strömungen im Mischbehälter, die aufgrund der Massenbeschleunigung zu räumlich verteilten Kräften im Mischbehälter führen. Die geringste Beeinflussung des Waagensignals ist zu erwarten, wenn sich die inneren Strömungskräfte und -momente zum gleichen Zeitpunkt gegenseitig aufheben, so daß keine veränderliche Kraftwirkung nach außen auftritt. Zwangsläufige Phasenverschiebungen bei den inneren Kräften führen bei niedrigen Drehzahlen des Rührwerks zu niederfrequenten Kraftwirkungen. Die Filterung einer niedrigen Störfrequenz erfordert lange Integrationszeiten, was die erzielbare Ausdosiergenauigkeit limitiert. Ziel der schon beschriebenen Untersuchungen am Rührwerk war unter anderem, durch höhere Rührwerksdrehzahlen das Spektrum der Störfrequenzen zu verschieben und somit eine höhere Eckfrequenz des Tiefpaßfilters zulassen zu können.

Exemplarisch ist in Abb. 8 das Waagensignal des serienmäßigen Mischbehälters mit dem langsam laufenden Rührwerk (72 U/min) für einen Zeitraum von 5 s wiedergegeben. Das Signal setzt sich aus mehreren Grundschwingungen und einer überlagerten höherfrequenten Störschwingung zusammen. Bei einer Vergrößerung des Maßstabes auf der Zeitachse, wie es auf dem unteren Teil von Abb. 8 erfolgte, wird das höherfrequente Störsignal sehr deutlich.

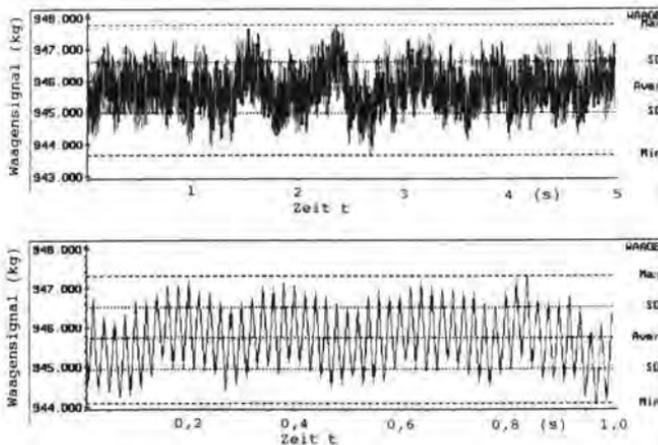


Abb. 8. Waagensignal des Mischbehälters mit langsamlaufenden Kreuzbalkenrührwerk.

Um genauere Informationen über die Stör- und Eigenfrequenzen zu erhalten, wurde das Waagensignal einer FFT-Analyse unterzogen. Vor allem anhand des in Abb. 9 gezeigten Frequenzdichtespektrums kann sehr gut das Schwingungsverhalten des Mischbehälters beschrieben werden. Die vom Netzstörfrequenz von 50 Hz hebt sich deutlich hervor. Bei 2,4 Hz findet sich die schon vom Antriebsmoment des Rührwerks bekannte Anregung wieder. Ein weiterer signifikanter Peak ist bei ca. 4,8 Hz, der vierfachen Rührwerksfrequenz, zu finden.

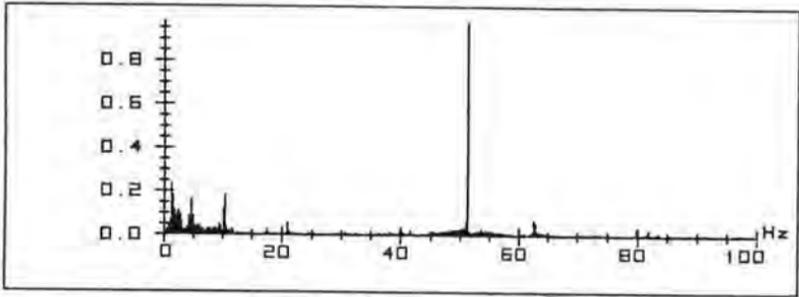


Abb. 9: Frequenzdichtespektrum des in Abb. 8 gezeigten Waagensignales. (Behälterinhalt 945,8 kg, Kreuzbalkenrührwerk)

Die Reduktion des Behälterinhaltes auf 708,4 kg ergab nur eine geringe Veränderung des Frequenzdichtespektrums, während bei einer Halbierung des Füllstandes durch das teilweise Eintauchen des Rührwerks in den Futterbrei sehr niederfrequente Schwingungen induziert werden, die eine exakte Ausdosierung mit hoher Durchflußrate nach dem Waagensignal unmöglich machen. Die Überlagerung der dynamischen Kräfte hat einen sehr ungleichförmigen Signalverlauf während der Ausdosierung zur Folge. Dies wird in Abb. 10 verdeutlicht

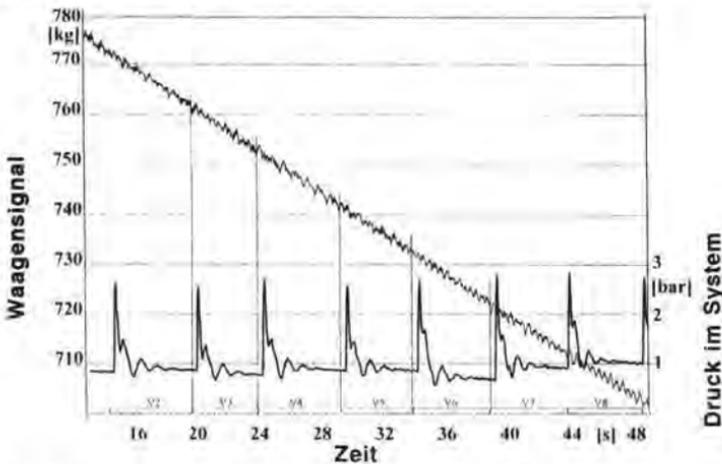


Abb 10 Waagensignal und Druck im System während der Ausdosierung (Kreuzbalkenrührwerk)

Ein schneller laufendes Rührwerk benötigt nicht nur einen geringeren Energieaufwand für die Homogenisierung, sondern hat auch wie in Abb. 11 gezeigt eine höherfrequente Anregung der Waage verbunden mit einem gleichförmigeren Signalverlauf zur Folge. Allein durch die Modifikation am Rührwerk wurde die mittlere Standardabweichung der ausdosierten Massen von 0,9 auf 0,44 kg verbessert. Diese relativ guten Meßwerte wurden mit einer Auflösung des Waagensignals von 100g gewonnen. Die Ausdosier-

genauigkeit nahm bei stehendem Rührwerk nur noch geringfügig zu und erreichte einen Vergleichswert von 0,43 kg.

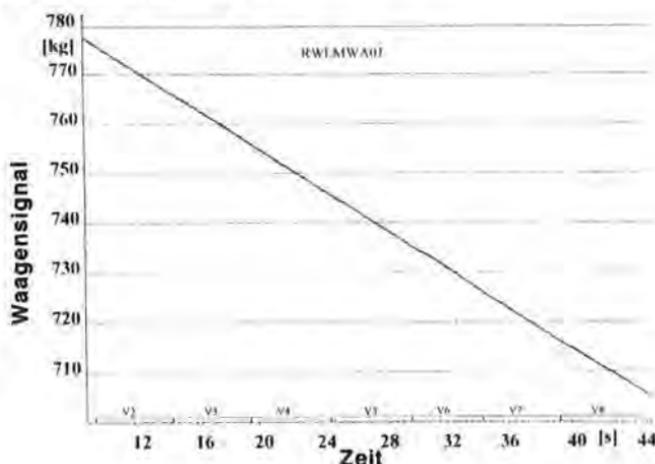


Abb. 11: Waagensignal während der Ausdosierung (Propellerkranzrührwerk mit Strömungsleiteinrichtung)

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Beeinflussung des Waagensignals durch vom Rührwerk induzierte Schwingungen beim Propellerrührwerk mit Strömungsleiteinrichtung für alle Füllstände am geringsten war. Vor allem die regelungstechnisch besonders kritischen Frequenzen unterhalb von 10 Hz sind kaum noch vertreten. Gegenüber dem Ausgangszustand (Kreuzbalkenrührwerk) wurde die Qualität des Waagensignals um eine 10er Potenz verbessert.

Vor der Ausdosierung wird üblicherweise das Flüssigfütter zur Homogenisierung in der Anlage umpumpt. Aus diesem Zustand heraus beginnt die Ausdosierung. Während des Umpumpens trifft der in den Behälter zurückgeleitete Massenstrom in der Regel senkrecht auf den Behälter auf und beeinflusst durch seinen Impuls das Waagensignal. Die Größe der damit verbundenen Verfälschung des Waagensignals kann abgeschätzt werden:

$$\begin{aligned}
 F_I &= \dot{m} \cdot v \\
 F_I &= \text{Kraftwirkung des Impulses} \quad (\text{N}) \\
 \dot{m} &= \text{Massenstrom} \quad (\text{kg/s}) \\
 v &= \text{Auftreffgeschwindigkeit} \quad (\text{m/s})
 \end{aligned}$$

Beim Betrieb der Anlage mit Wasser und einem ungedrosselten Durchsatz von 20 m<sup>3</sup>/h ergibt sich bei einem Innendurchmesser der Rohrleitung von 56 mm eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 2,2 m/s. Die damit verbundene Kraft beträgt ca. 12 N. Bei einer Drosselung der Anlage auf den halben Massendurchsatz wird der Impuls quadratisch beeinflusst und reduziert sich auf ca. 3 N. Flüssigfütter mit einer Dichte

von ca.  $1000 \text{ kg/m}^3$  und einem ungedrosselten Volumenstrom von  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  bewirkt eine zusätzliche Kraft auf die Waage von ca.  $8 \text{ N}$ . Nach dem Schließen des Endventils fällt diese Kraftwirkung weg und bei einer sich unmittelbar anschließenden Ausdosierung wird die entsprechende Masse vom Rechner als schon ausdosiert interpretiert. Die Folge ist eine deutliche Unterversorgung am ersten Dosierventil. Die hier durchgeführten Berechnungen wurden durch Messungen bestätigt.

Neben der Bauart der Ventile bestimmen die Druckverhältnisse in der Anlage entscheidend die Öffnungs- und Schließcharakteristik der Ventile. Die Druckverhältnisse im Rohrsystem werden wiederum durch die Pumpencharakteristik, die Massenkräfte der Flüssigkeitssäule und der Elastizität sowohl des Futters als auch des Leitsystems beeinflusst. Die Elastizität der Rohrleitung und des Flüssigfutters wurde mit einer speziellen Prüfvorrichtung untersucht.

Für die Flüssigkeit und das Rohrleitungssystem läßt sich der zusammengesetzte E-Modul berechnen:

$$E = \Delta p / \varepsilon$$

mit

$$E = \text{E-Modul} \quad (\text{N/m}^2)$$

$$\Delta p = \text{Druckänderung} \quad (\text{N/m}^2)$$

$$\varepsilon = \text{Volumenänderung}$$

Er beträgt mit Wasser im Rohrleitungssystem ca.  $164,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Für Futter ohne Luft (24 Stunden Lagerung) ergibt sich ein Wert von  $146,6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , während sich durch die Bildung von Gärgasen nach 7 Tagen Lagerung ein scheinbarer E-Modul ca.  $100 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  einstellt.

Eine weitere Möglichkeit der Abschätzung des E-Moduls bildet die Erfassung der Druckfortpflanzungsgeschwindigkeit und der Berechnung nach der Gleichung:

$$E = v_s^2 * \rho$$

mit

$$v_s = \text{Schallgeschwindigkeit} \quad (\text{m/s})$$

$$\rho = \text{Dichte des Mediums} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Anhand von Messungen der Druckverhältnisse im Rohrleitungssystem nach dem Schließen des Endventils läßt sich der Zeitverzug des Druckanstieges an den 3 Meßpunkten im Kreislauf relativ genau ermitteln. Für die in Abb. 13 gezeigte Messung beträgt die Zeitverzögerung des Druckanstieges von Meßstelle 5 und 6 zur Meßstelle 3 und 4 ca.  $0,25 \text{ s}$ . In diesem Fall war das Rührwerk nicht in Betrieb, so daß eine Luft-einmischung nur von dem Rückstrom der Ringleitung verursacht werden konnte. Die Drucksensoren sind in einem Abstand von ca.  $94 \text{ m}$  montiert. Nach der oben genannten Formel beträgt der E-Modul des Rohrleitungssystems mit Wasser  $143,7 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Dieser Wert liegt etwas unter dem anhand der Prüfstandswerte berechneten E-Modul, was eventuell auf die noch vorhandene Luft-einmischung oder auf eine Luft-

blase im Rohrleitungssystem zurückgeführt werden kann. Für Flüssigfutter bei laufendem Rührwerk beträgt der Zeitverzug 0,266 s. Hieraus errechnet sich ein E-Modul von  $124,9 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , was erwartungsgemäß deutlich unter dem am Prüfstand für Futter gemessenen Wert liegt. Wird die Rohrströmung durch das Schließen des Endventils zum Stillstand gebracht, so entsteht ein starker Druckanstieg im Leitungssystem. Die Höhe des Druckanstieges  $\Delta p$  läßt sich anhand der Eulerschen Bewegungsgleichung und unter Berücksichtigung der Kontinuitätsgleichung bestimmen.

$$\Delta p = v_s \cdot \rho \cdot \Delta v$$

mit

$$\Delta v = \text{Geschwindigkeitsänderung} \quad (\text{m/s})$$

Für Wasser ergibt sich bei ungedrosseltem Umlauf und einer Schallgeschwindigkeit  $v_s$  von 379 m/s ein Druckanstieg von 8,34 bar. Ein solcher Innendruck würde zum Defekt der Anlage führen. Dieser theoretische Druckanstieg tritt bei der Versuchsanlage nicht auf. Wie aus Abb. 12 hervorgeht, steigt der Druck unmittelbar beim Schließen der Membran in den Bereich von 7 bar an. Dies ist etwas mehr als der Steuerdruck der Druckluftversorgung.

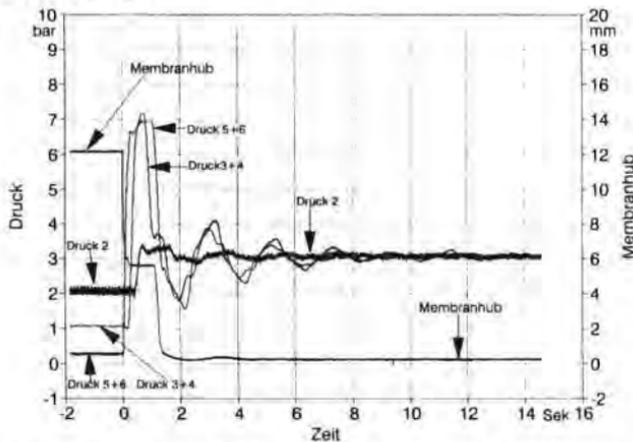


Abb. 12: Druckverlauf in der Anlage nach dem Schließen des Endventils (Wasser, ungedrosselt)

Die Anordnung der Drucksensoren in der Anlage ist dem Rohrleitungsplan in Abb. 3 zu entnehmen.

Auch bei gedrosseltem Volumenstrom wird das Endventil nicht direkt vollständig geschlossen. Über einen Zeitraum von ca. 1 s bleibt ein Spalt von ca. 1 mm, der allerdings keine bedeutende Flüssigkeitsmenge abfließen läßt. Bei einer Drosselung des Volumenstromes auf die Hälfte müßte bei der gleichen Druckfortpflanzungsgeschwindigkeit der Druckstoß auch auf die Hälfte absinken. Wie aus Abb. 14 zu erkennen ist, tritt der erwartete Druckanstieg von 4,17 bar auch ungefähr auf. Eine Interpre-

tation der geringfügigen Überschreitung ist wenig sinnvoll, da die Drosselung nicht die Einhaltung eines Sollvolumenstromes sicherstellen kann.

Durch den Wegfall des strombetriebenen Impulses des in den Behälter eingeleiteten Massenstromes verringert sich die von der Waage registrierte Masse des Behälters. Eine weitere tatsächliche Reduktion des Behälterinhaltes findet aufgrund der Entnahme eines bestimmten Volumens statt, das der Volumenänderung des Systems aufgrund des Druckanstieges entspricht. Das Waagensignal zu dem in Abb.12 gezeigten Schließvorgang ist in Abb. 13 wiedergegeben.

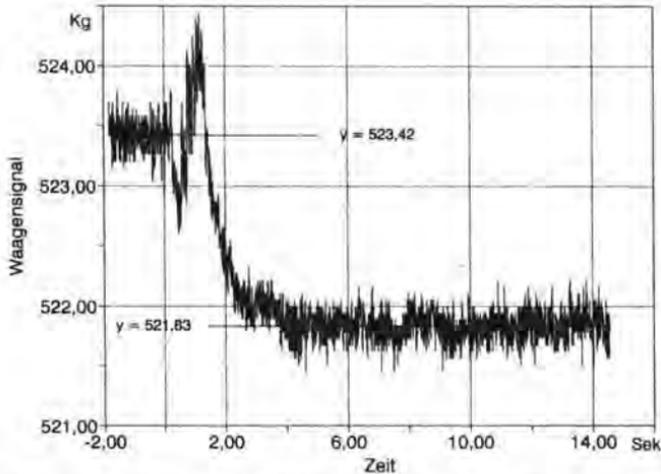


Abb. 13: Waagensignal während des Schließvorganges am Endventil (Wasser, ungedrosselt)

Unmittelbar nach dem Ansteuern des Endventils wird der Volumenstrom und damit der Impuls der rückströmenden Flüssigkeit reduziert. Dies führt zu einem Rückgang des Signals um ca. 1/2 kg. Der gleichzeitige Druckaufbau sorgt dafür, daß danach für kurze Zeit ein größerer Wasserstoß das Endventil passiert und momentan für eine Überhöhung des Waagensignals verantwortlich ist. Erst dann fällt das Waagensignal um den berechneten Wert von 1,2 kg ab. Die Ursachen für die Abnahme des Waagensignals um 0,4 kg sind die Elastizität der Rohrleitung und die "Schlabberverluste" an den Ausdosierventilen aufgrund des Druckstoßes. Die "Schlabberverluste" treten nur bei ungedrosseltem Umlauf auf und betragen zusammen an allen Ventilen in etwa 0,2 kg. Bei einer Drosselung des Volumenstromes war ein Wegfall der Kraftwirkung des Impulses von 4 N berechnet worden. Der in Abb. 14 erkennbare Unterschied im Waagensignal von insgesamt 0,87 kg setzt sich aus dem Wegfall des Impulses (4 N) und der Volumenänderung im Rohrleitungssystem zusammen. Dabei kann im Vergleich zum ungedrosselten Zustand eine etwas größere Masse aufgenommen werden, da die Druckdifferenz etwas größer wird ( $\Delta p = 0,4$  bar).

Wird anstatt Wasser Flüssigfutter umgepumpt, so wird der Abfall des Waagensignals wesentlich größer. Er beträgt 3,3 kg. Der Impuls des Rückstromes ist bei Flüssigfutter aufgrund des geringeren Massenstromes noch kleiner als bei Wasser. Es bleibt eine tat-

sächliche Zunahme der Masse im Rohrleitungssystem von ca. 3 kg. Bei einem angenommenen E-Modul von  $1,466 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  nimmt die Anlage bei einem Druckanstieg von 3 bar zusätzlich 1,1 l auf. Die darüber hinaus aufgenommene Masse von 1,9 l läßt sich durch die Kompression der eingeschlossenen Luft erklären.

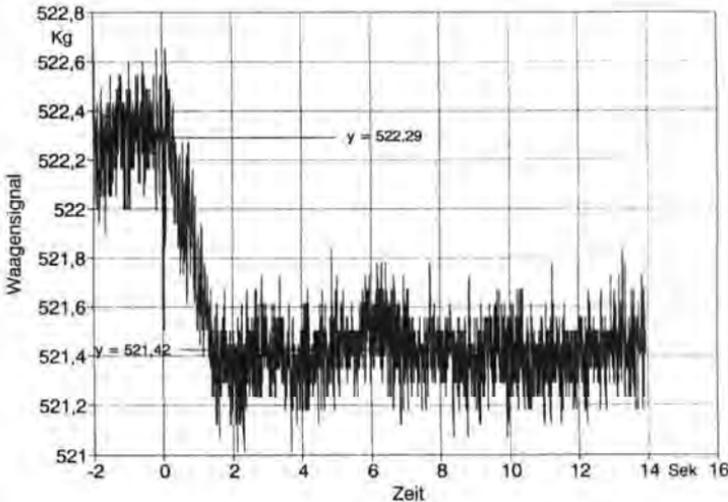


Abb. 14: Waagensignal während des Schließvorganges am Endventil (Wasser, gedrosselt)

Für eine isotherme Zustandsänderung der Luft gilt:

$$p \cdot V = \text{konstant}$$

Bei einem mittleren Ausgangsüberdruck im System von 0,2 bar und einem Druck beim Schließen des Endventils von 3 bar ändert sich das Volumen um 1,9 l, woraus sich ein Ausgangsluftvolumen von 3,17 l berechnen läßt. Dies entspricht einem Luftgehalt von 0,58 %. Die Berechnungen zeigen, wie wichtig eine luftblasenfreie Mischung für die Genauigkeit der Ausdosierung ist.

Die serienmäßige Anlage hat zwischen aufeinander folgenden Ventilen eine Ventilüberschneidungszeit von -60 ms. Bei der Ausdosierung an aufeinander folgenden Ventilen, die auch zueinander den gleichen Abstand aufweisen, wird die Genauigkeit der Ausdosierung in erster Linie durch die Abfragerate und die Zuverlässigkeit des Waagensignals limitiert. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen (Kreuzbalkenrührwerk, max. Auflösung des Waagensignals 1 kg) waren dann die Dosierergebnisse zufriedenstellend. Wird jedoch an mehreren aufeinanderfolgenden Ventilen nicht ausdosiert, dann vergrößert sich der Zeitverzug.

anzeigt. Innerhalb der sehr kurzen Öffnungszeit dieses Ventiles erreicht die Flüssigkeitssäule noch nicht die sonst übliche Umlaufgeschwindigkeit und der Druckstoß beim Schließen dieses Ventiles fällt deutlich niedriger aus. Die Öffnungszeit des folgenden Ventils ist überproportional groß und die tatsächlich ausdosierte Masse ist ebenfalls aufgrund der Entspannung im System in der Regel hoch.

Durch die Änderung der Steuerungssoftware, die die Ventilüberschneidungszeiten unabhängig von der Reihenfolge gleich hält, konnte eine deutliche Verbesserung der Dosiergenauigkeit erzielt werden. Bei den Messungen mit der ursprünglichen Steuerungssoftware ergab sich beim Überspringen von sieben aufeinanderfolgenden Ventilen an den restlichen Ventilen eine Standardabweichung der ausdosierten Massen von 1,405 kg. Nach der Änderung der Software verbesserte sich diese Kennzahl für die Gleichmäßigkeit der Versorgung der Buchten auf ca. 1 kg.

### **Literatur**

KNECHTGES, H. & J. LUFT (1992): Interner Bericht des Instituts für Landtechnik der JLU Gießen.

# Strömungsvorgänge in Tierhaltungssystemen

Karl-Heinz Krause

## Einleitung

In der DIN 18910 (1992) wird der Luftmassenstrom genannt, wie er sich im Winter über die Wasserdampfbilanz oder Kohlenstoffdioxidbilanz und im Sommer über die Wärmestrombilanz für die Planung geschlossener, wärmedämmter und mit Zwangslüftung betriebener Tierhaltungssysteme ergibt. Dabei ist die Lüftungsanlage so auszulagen, daß der für den Sommer berechnete Luftmassenstrom mit Sicherheit gefördert werden kann, d.h. sämtliche Strömungswiderstände sind zu berücksichtigen. Unter Tierhaltungssystem wird hier der Stall als Aufenthaltsraum für die Tiere verstanden.

In der DIN 18910 ist nichts dazu gesagt, wie die Luftmassen in das System eingebracht, durch das System geführt und letztlich wieder aus dem System hinausbefördert werden sollen. Der Luftbereich des Stalles wird als idealer Rührkessel mit homogen verteilten Konzentrationen  $C$  von luftgetragenen Stoffen betrachtet, die nur eine Zeitabhängigkeit aufweisen,  $C = C(t)$ .

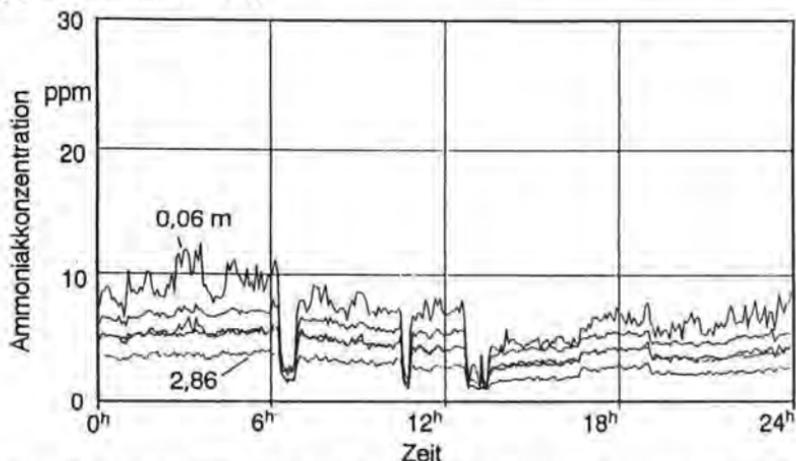


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen an 5 verschiedenen Meßorten in unterschiedlicher Höhe über dem Boden in einem Sauenstall mit  $600 \text{ m}^3$  Stallvolumen (Versuchswirtschaften Relliehausen, Universität Göttingen). Über zwei baugleiche Ventilatoren wird die Stallluft an zwei Orten über die Stalldecke durch Öffnungen mit  $0,36 \text{ m}^2$  abgesaugt. Die Zuluft gelangt über Deckenkanäle mit Seitenschlitzen in den Stallraum. Der Stallbesatz beläuft sich auf 19,5 GV.

Anschrift des Autors: Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Biosystemtechnik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig-Völkenrode.

Abb. 1 zeigt die mit der Zeit und mit der Höhe im Stall veränderliche Konzentration von Ammoniak, die in einem Sauenstall gemessen worden ist (KRAUSE & JANSSEN, 1989). Die Konzentration ist danach zeit- und ortsabhängig. Das bedeutet, daß

- a) die Luftströmung im Stall die entscheidende Größe für die Versorgung der Tiere mit Frischluft bei zuträglichen Luftgeschwindigkeiten unter 0,25 m/s und
- b) gleichzeitig bestimmend für die Entsorgung des Stalles und damit für Emissionen ist, die sich in der näheren Umgebung der Tierhaltung vornehmlich durch Geruchsstoffeinträge bemerkbar machen.

Somit stellt sich die Frage, wie die Durchspülung des Stalles tiergerecht gewährleistet werden kann, ohne die Emissionen allzu stark anwachsen zu lassen: ein ambivalentes Problem. Nachfolgend werden nur Tierhaltungssysteme mit Zwangslüftungen bei isothermen Strömungsverhältnissen betrachtet. Bevor auf komplexe Randbedingungen abgehoben wird, sollen zunächst Kausalitäten bei den "einfachen" Strömungen mit den Auswirkungen auf die Konzentrationen von luftfremden Stoffen dargelegt werden.

### Integrale Betrachtung des Systems "Stall"

Ausgehend vom ideal durchmischten Rührkessel, ist es völlig ohne Belang, was sich im Stall an verschiedenen Orten abspielt. Bei der integralen Betrachtung können die Abluft- und Zuluftöffnungen beliebig angeordnet sein. Die Bilanzierung nach Masse und Energie erfolgt lediglich über die Stallhülle. Als Beispiel für die Massenbilanzierung wird der Geruchsstoffmassenstrom betrachtet.

Wenn von bodennahen stallinternen Quellen (Index q), z.B. der Gülle, dem Boden mit Urin und Exkrementen, der Massenstrom  $\dot{m}_q$  in Abhängigkeit vom Konzentrationsgefälle zwischen Bodenbereich und Luft in den Stallraum eintritt,  $\dot{m}_q = k (C_q - C)$ , und wenn mit dem Abluftvolumenstrom  $\dot{V}_0$  die Konzentration  $C_0 = C$  aus dem Stall gesaugt wird,  $\dot{m}_0 = C \dot{V}_0$ , dann folgt die zeitliche Änderung ( $\dot{\phantom{x}} = d/dt$ ) der Geruchsstoffmasse im Stall aus der Differenz der Massenströme:

$$\dot{m} = \dot{m}_q - \dot{m}_0 \text{ bzw. } \dot{C} = K C_q - (K + n) C.$$

In dieser Beziehung kennzeichnet  $n$  die Luftwechselzahl  $\dot{V}_0/V$  und  $K$  die stallinterne Emissionsrate  $k/V$ . Ist zur Zeit  $t = 0$  die Konzentration  $C = 0$ , dann folgt

$$C(t) = K C_q / (K + n) \{1 - \exp[-(K+n)t]\}.$$

Im stationären Fall gilt

$$C = K C_q / (K + n)$$

Die Konzentration  $C_0 = C$  im Abluftvolumenstrom ist demnach vom Abluftvolumenstrom  $\dot{V}_0$  bzw. von der Luftwechselzahl  $n$  abhängig. Wird  $n$  unendlich groß, dann sinkt

die Konzentration  $C$  auf null, der emittierte Massenstrom  $\dot{m}_0$  nimmt den Grenzwert  $C_q k$  an. Der Volumenstrom wird aber stets endlich bleiben, siehe Mindestluftfraten nach DIN 18910, so daß eine Minimierung der Konzentration  $C$  im Stall nur durch

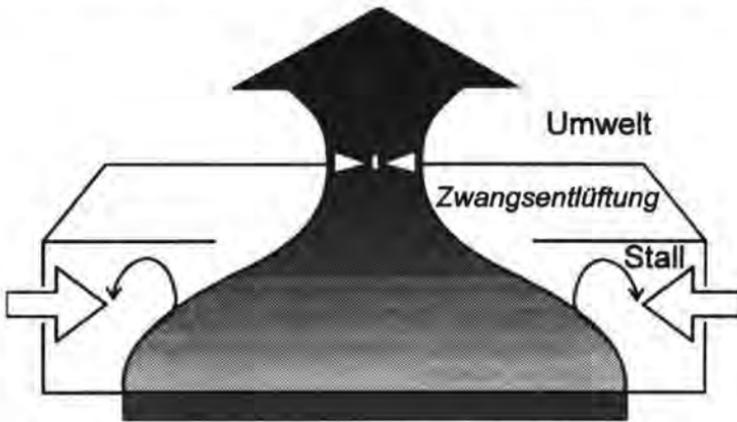


Abb. 2: Veranschaulichung der Kontinuitätsbeziehung für die Masse luftfremder Stoffe im Stall. Es findet über die Zwangsentlüftung ein Absaugen des bodennahen Stallbereiches statt. Luftfremde Stoffe werden durch den Stall in die Umwelt befördert. Mit Hilfe der Kontinuitätsbeziehung läßt sich über den stallinternen Weg des Fremdstofftransportes nichts sagen. Eine lokale Betrachtung ist ausgeschlossen. Wohl aber läßt sich die Kontinuitätsbeziehung zur Systemcharakterisierung über Luftwechselfzahlen, Verweilzeiten etc. heranziehen.

eine Reduzierung von  $k$  möglich ist.  $k$  stellt den Volumenstrom dar, mit dem Stoffe aus dem Bodenbereich in die Luft gelangen und charakterisiert somit das Stoffübergangsverhalten. Dieses hängt vom lokalen Partialdruckgefälle oder vereinfacht von der lokalen Luftgeschwindigkeit und Temperatur ab.

Hierzu läßt sich folgende Plausibilitätsbetrachtung anstellen: Wenn man beispielsweise die Konzentration im Abluftschacht bei einem bestimmten Volumenstrom gemessen hat, dann führt die Beziehung  $\dot{m}_0 = C V_0 = k (C_q - C)$  auf die Trivialbedingung  $C_q > C$ . Unterstellt man, daß bei einer groben Abschätzung  $C = C_q/2$  und  $k = \dot{V}_0$  ist, dann kann über die emittierende Bodenfläche  $A$  auf die Austauschgeschwindigkeit  $v = \dot{V}_0/A$  geschlossen werden. Bei einem Abluftvolumenstrom  $\dot{V}_0$  von 10.000 m<sup>3</sup>/h (es wird auf das in der Legende zur Abb.1 erwähnte Beispiel zurückgegriffen), einer Geruchsstoffkonzentration  $C$  von 200 GE/m<sup>3</sup> und einer relevanten Bodenfläche  $A$  von 150 m<sup>2</sup> ergibt sich eine Austauschgeschwindigkeit von 0,019 m/s. Je mehr sich  $C_q$  dem Wert von  $C$  nähert, um so größer wird diese Austauschgeschwindigkeit.

Der emittierte Massenstrom  $\dot{m}_0$  muß dem stallintern freigesetzten Massenstrom  $\dot{m}_q$  entsprechen. Abb. 2 zeigt vereinfachend diesen Vorgang. In dieser Betrachtungsweise besteht keine Möglichkeit der Einflußnahme auf eine Minderung des Stoffüberganges aus dem Bodenbereich durch gezielte Luftführungen.

## Differentielle Betrachtung des Systems "Stall"

Die Auswirkungen der Luftführung im Stall lassen sich nur über die Strömungsstruktur im Stall erfassen. Neben der Bilanzierung von Masse und Energie ist die des Impulses zu berücksichtigen, wobei sich dessen Ortsbezogenheit über die Ein- bzw. Austrittsflächen in der Stallhülle bemerkbar macht.

Bei einer Strömung in einem begrenzten Gebiet ist zunächst entscheidend, wie sich das Verschwinden der Normalenkomponenten auf den Begrenzungsflächen (Undurchdringlichkeit einer festen Wand) im gesamten Strömungsgebiet bemerkbar macht. Dadurch werden Hauptströmungsrichtungen präjudiziert. Das Verschwinden der Tangentialkomponenten aufgrund der Haftung an festen Wänden führt zu Wirbeleinträgen in das Strömungsfeld, wie sie auch bei Unstetigkeitsflächen von Luftstrahlen auftreten.

Erste grundsätzliche Ausführungen zu Raumströmungen finden sich bei BATURIN (1959) und REGENSCHEIT (1959); Versuche in Strömungswannen sind zur Strahluntersuchung herangezogen worden.

Abb. 3 zeigt nach MÜLLER (1975) die Laufwalzenstruktur in einem Kastenmodellraum, hervorgerufen durch einen waagrecht ausgeblasenen ebenen Deckenstrahl. Bei konstanter Luftwechselzahl  $n$ , d.h. bei konstantem Verhältnis von Abluftvolumenstrom  $\dot{V}_0$  zum Raumvolumen  $V$ , wächst mit zunehmender Raumvergrößerung die Anzahl der raumerfassenden Wirbelbereiche in der dargestellten Weise. Der Volumenstrom im Fall a) in Abb.3 beträgt  $180 \text{ m}^3/\text{h}$ . Die Schlitzhöhe in dem Raum mit 1 m Breite und 1 m Höhe beläuft sich auf 0,04 m. Die Luftwechselzahl ist mit  $60 \text{ h}^{-1}$  sehr hoch. Die

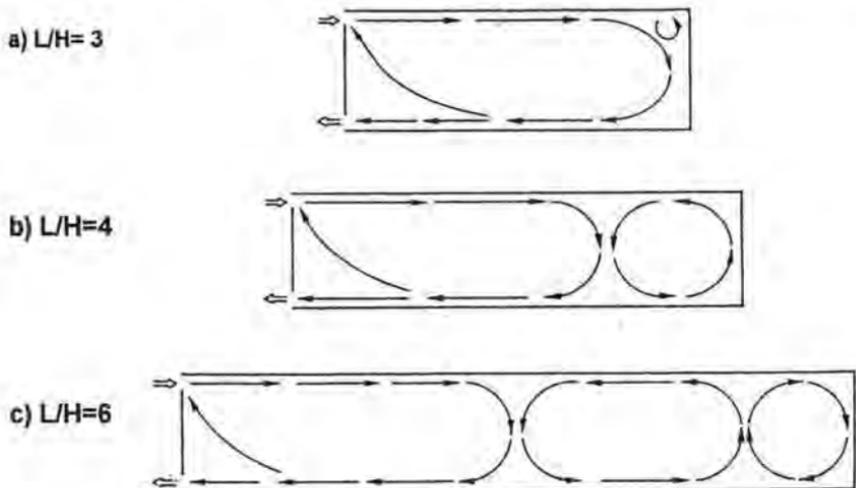


Abb. 3: Laufwalzenstruktur in einem Raum in Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen Raumlänge  $L$  und Raumhöhe  $H$ .

gemessene Geschwindigkeit reicht im Primärwirbel des Falles c) in Abb.3 von 1 bis 4 m/s, beim Sekundärwirbel von 0,2 bis 1,0 m/s und beim Tertiärwirbel von 0,025 bis 0,05 m/s.

Nachfolgend sind Wirbelsysteme (KRAUSE & JANSSEN (1990)) für einen Raumquerschnitt und deren numerische Simulation dargestellt, und zwar einmal für einen Querschnitt ohne Versperrungselemente in Abb. 4 und zum anderen mit Versperrungselementen in Abb. 5. Im Bodenbereich befinden sich die stallinternen Quellen für die Entstehung luftfremder Stoffe. Diese Quellen sind zum Teil durch die Tiere abgedeckt. Dieser Einfluß wird hier außer acht gelassen. Es geht ausschließlich um die Erfassung der durch mechanische Ventilation erzwungenen Strömungen und deren Bedeutung für die Ausbildung von Konzentrationsfeldern im Stall. Es wird angenommen, daß der Stoffübergang in die Luft geschwindigkeitsabhängig ist.

Die Abb. 4 und 5 lassen das Strahlverhalten im Einlaßbereich erkennen; sie weisen ferner sog. Totwassergebiete auf. Die in der Strömungsvisualisierung auftretenden Effekte werden in der Stromliniendarstellung noch deutlicher.

Will man einen Raum von luftfremden Stoffen möglichst effektiv befreien, so ist die Zahl der geschlossenen Stromlinien zu reduzieren. Geschlossene Stromlinien sind aber immer ein Resultat von Wirbelbildungen. Diese lassen sich nicht vermeiden. Man muß nur zusehen, sie nicht durch ungünstige Strömungsanordnungen noch zu fördern.

a) Wasser  
Tracer-Methode



b) Luft  
MAC-Methode

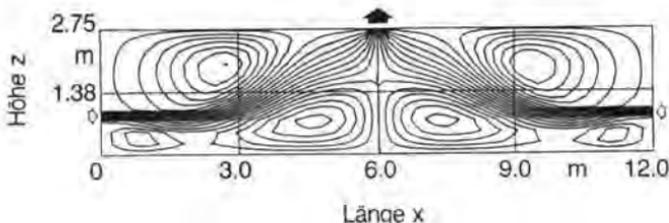


Abb. 4: Strömungscharakterisierung durch Sichtbarmachung: a) in einer Modellkammer und b) durch numerische Simulation. Die Strömung tritt seitwärts in den hindernisfreien Modellraum und wird zentral durch die Decke abgesaugt.

a) Wasser  
Tracer-Methode



b) Luft  
MAC-Methode

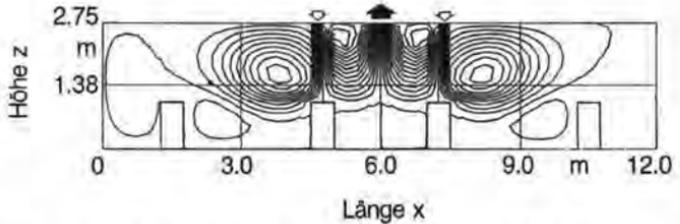


Abb. 5: Strömungscharakterisierung durch Sichtbarmachung: a) in einer Modellkammer und b) durch numerische Simulation. Die Strömung tritt symmetrisch durch die Decke in den mit Versperrungselementen versehenen Modellraum und wird zentral durch die Decke abgesaugt.

### Prinzipielle Strömungselemente bei Raumströmungen

Die Luftströmung in einem Stall stellt im allgemeinen keine querschnittsfüllende Rohrströmung dar. Es handelt sich um eine dreidimensionale Strömung, die durch zwei Strömungselemente geprägt ist, siehe z.B. KATZ (1982): Quellen und Senken.

Die Quellen sind durch die Einströmbereiche in das Tierhaltungssystem als Strahlen gegeben. Strahlen wirken weit in den Raum hinein. Die Strahlmittengeschwindigkeit eines ebenen Wandstrahles nimmt mit  $x^{-0,375}$  ab. Anders die Senken, die zwar aus Sicht der Kontinuität das Pendant zur Quelle darstellen, aber deren Wirksamkeit mit der Entfernung stark abfällt (KOCH (1959)): so nimmt die Geschwindigkeit mit dem Quadrat des Abstandes zur Ansaugöffnung ab,  $x^{-2}$ .

Ein in einen Raum eintretender Strahl verbreitert sich und bewegt an seiner Strahlgrenze die Umgebungsluft, bis die Geschwindigkeitsdifferenz abgebaut ist. Es findet eine Vermischung mit der Umgebungsluft statt.

Dominant für Raumströmungen ist der Lufteinlaßbereich (DAWS (1967), HEBER & BOON (1991)).

Es lassen sich nun in einem Raum die genannten Elemente beliebig anordnen. Einzig und allein die eingangs angesprochenen Fragen nach Lüftungseffektivität und Emissionsreduzierung sind die Kriterien für die Kombination der Quellen und Senken; hierbei stellt die numerische Strömungsmechanik ein probates Mittel zur Stallplanung dar (HOFF et al. (1992)).

## Kompromiß zwischen Lüftungseffektivität und Emissionsreduzierung

Masthähnchenställe stellen in herkömmlicher Bauweise sehr einfache Tierhaltungssysteme dar. Im Bodenbereich befindet sich die Einstreu und fungiert als stallinterne Emissionsquelle. Es sind keine großen Strömungshindernisse zugegen. Die Stallluft wird über Ventilatoren durch die Decke oder durch die Seitenwand abgesaugt. Die Luft strömt über Öffnungen in den Seitenwänden in den Stallraum.

Wie müssen die Zuluftöffnungen angeordnet sein, damit möglichst wenig Emissionen aus dem Tierhaltungssystem in die Umgebung verblasen und gleichzeitig die Tiere möglichst effizient noch mit Frischluft versorgt werden?

Lokale Angaben über die Überschreitungshäufigkeit von bestimmten Konzentrationswerten sind zur Qualitätsbeschreibung von Raumströmungen aufgrund der starken Inhomogenitäten in den Konzentrationsfeldern wenig hilfreich, wenn es darum geht, verschiedene Tierhaltungssysteme miteinander zu vergleichen (JANSSEN & KRAUSE (1990)). Es müssen hier wieder integrale Zusammenhänge genutzt werden.

Die Qualität der Raumströmung (BREUM et al. (1990)) wird in der Arbeit von MÜLLER (1975) über einen sog. Luftwechselquotienten  $\beta$  bestimmt:

$$\beta = n / \alpha.$$

Im Gegensatz zu der idealen Luftwechselzahl  $n = \dot{V}_v/V$  stellt  $\alpha$  die reale über Indikatorgasmessungen (GARDIN & FONTAINE (1990)) gewonnene Austauschrate dar. Bei Toträumen innerhalb des Stallsystems ist  $\alpha$  größer als  $n$ , da der Luftaustausch

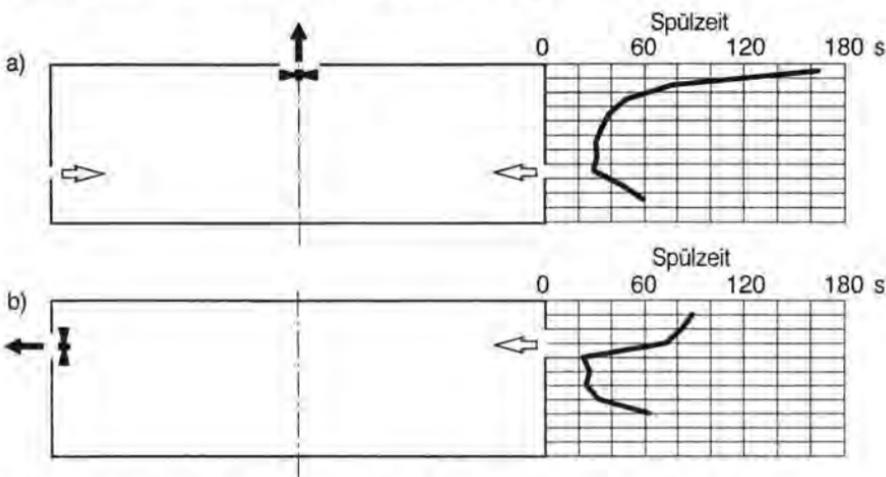


Abb. 6: Einfluß der Lage der Zuluftöffnungen auf die Spülzeit bis zur Reduzierung auf 5% der homogen verteilten Anfangsmasse

a) Überfirstabsaugung und b) Seitenwandabsaugung

nicht den gesamten Strömungsraum erfaßt. Die Massenbilanz bei Tracergasversuchen führt über

$$C = -\alpha C \text{ mit } C = C_0 \text{ für } t = 0$$

zu der Beziehung

$$C(t) = C_0 \exp(-\alpha t).$$

Wenn die experimentelle Ermittlung von  $\alpha$  nicht möglich ist, bleibt nur die numerische Strömungserfassung. Mit ihrer Hilfe läßt sich z.B. die Zeit berechnen, die nötig ist, um eine in das System eingebrachte Masse um 95 % zu reduzieren.

In Abb. 6 ist dargestellt, welche Spülzeiten bei Überfirst- und Seitenwandabsaugung auftreten. Der Abluftvolumenstrom ist in allen nachfolgenden Computersimulationen gleich. Die Summe der Öffnungsflächen für die Zuluft ist ebenfalls konstant. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  ist der gesamte Stallraum  $V$  mit der Anfangsmasse  $C_0 V$  gefüllt. Durch die Ventilation wird diese abgebaut.<sup>2</sup>

Bei der Überfirstlüftung tritt die kürzeste Spülzeit für den Fall auf, daß die Zuluftführung in einer Höhe von etwa 0,96 m erfolgt. Bei der Seitenwandlüftung ist die Spülzeit noch kürzer, wenn die Zuluftführung in etwa bei 1,38 m Höhe einsetzt.

Abb. 7 zeigt die während einer bestimmten Zeitspanne emittierte Masse an, die auf den Maximalwert bezogen ist, der sich bei einer Überfirstabsaugung einstellt, wenn die Zuluftführung durch die Decke in den Ecken erfolgt. Man kann diese Größe als Emissionsgrad bezeichnen. Sowohl bei der Überfirst- als auch bei der Seitenwandabsaugung ist dieser Emissionsgrad bei einer Zuluftführung im bodennahen Bereich am größten.

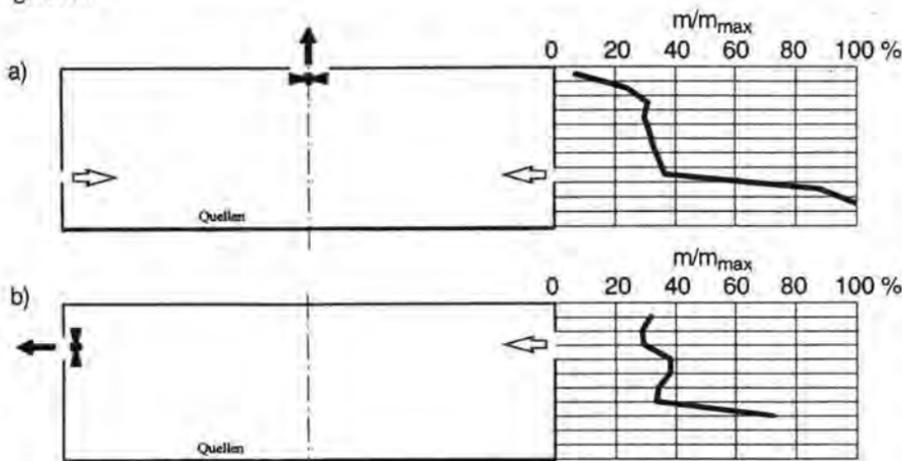


Abb. 7: Einfluß der Lage der Zuluftöffnungen auf die emittierte Masse bei

a) Überfirstabsaugung und b) Seitenwandabsaugung

<sup>2</sup>Herrn Hake gilt mein besonderer Dank für die umfangreichen Computersimulationen auf der Rechenanlage der FAL.

Ein minimaler Emissionsgrad stellt sich bei der Überfirstabsaugung für eine Zuluftführung über die Seitenwand im deckennahen Bereich ein. Hier ist aber gerade die Spülzeit am höchsten, so daß diese Lösung mit Blick auf die Tiergesundheit zu verwerfen ist. Ein Kompromiß ist bei Zuluftführungen in halber Stallhöhe gegeben. Hier ist die Spülzeit am kleinsten und der Emissionsgrad liegt bei 30 %. Die Seitenwandlüftung liefert für diese Höhe der Zuluftführung einen entsprechenden Wert, wobei die Spülzeit sogar noch unter der der Überfirstlüftung liegt.

Damit ist mit Blick auf die ambivalente Eingangsfragestellung nicht nur die Lüftungsqualität bestimmbar, sondern auch die emittierte Masse an luftfremden Stoffen.

### **Zusammenfassung**

Die Eingangsfragestellung nach hinreichender Lüftungsqualität des Stalles bei gleichzeitiger Einschränkung der Emissionen aus dem Tierhaltungssystem ist im vorgehenden Abschnitt für die Lüftung von Masthähnchenställen herkömmlicher Bauart diskutiert worden. Es zeigt sich, daß die Forderung nach Überfirstlüftungen, wie sie generell in der TA Luft und auch in den einschlägigen VDI-Richtlinien 3471 und 3472 erhoben wird, das stallinterne Geschehen völlig unberücksichtigt läßt. Die Überfirstlüftung stellt nicht die emissionsärmste Lüftungsform dar. Seitenwandlüfter erweisen sich mit Bezug auf die Umwelt als mindestens gleichwertig und bezüglich der Frischluftversorgung nach den Computersimulationen sogar als günstiger.

Es hängt von der speziellen Stallage mit Blick auf die Umgebung ab, welche Lüftungsform zu wählen ist. Wenn es um die Beurteilung von Stallsystemen geht, sind angesichts der bestehenden Ambivalenz sehr detaillierte Einzelfallbezüge einzubringen.

### **Literatur**

- BATURIN, W. W. (1959): Lüftungsanlagen für Industriebauten. - VEB Verlag Technik, Berlin.
- BREUM, N. O., TAKAI, H. & H. B. ROM (1990): Upward vs. downward ventilation in a swine house. - ASAE 33(5): 1693-1699.
- DAWS, L. F. (1967): Movement of air streams indoors. - Airborne Microbes. - Society for General Microbiology, University Press, Cambridge: 31-59.
- DIN 18 910 (1992): Wärmeschutz geschlossener Ställe. Wärmedämmung und Lüftung. Planungs- und Berechnungsgrundlagen. - Beuth Verlag GmbH, Berlin.

- GARDIN, P. & J. R. FONTAINE (1990): Air velocities and turbulences with nonisothermal jet ventilation. - Roomvent '90, Proceedings of the Second International Conference, Oslo: Session C-3.
- HOFF, S. J., JANNI, K. A. & L. D. JACOBSEN (1992): Three-dimensional buoyant turbulent flows in a scaled model, slot-ventilation, livestock confinement facility. - ASAE 35(2): 671-686.
- JANSSEN, J. & K.-H. KRAUSE (1990): Messung und Simulation von Ammoniakkonzentrationen in Ställen. - In: KTBL und VDI (Hrsg.): „Ammoniak in der Umwelt“; Gemeinsames Symposium in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig-Völkenrode: 21.1-21.12.
- KATZ, P. (1982): Gutachten über die Lüftungsanlagen in den Schweineställen - Vormast und Endmaststall - des Herrn Norbert Grass in 8651 Wahl 5. - Landgericht Bayreuth, Az. 3.0.10/80.
- KOCH, H. (1959): Lüftungs- und Absaugfragen in Betrieben. - Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- KRAUSE, K.-H. & J. JANSSEN (1989): Kontinuierliche Ammoniakmessungen in Ställen. - Grundlagen der Landtechnik 39(2): 52-65.
- KRAUSE, K.-H. & J. JANSSEN (1990): Modelling the dispersion of ammonia within animal houses. - In: NIELSEN, V. C., VOORBURG, J. H. & P. L. HERMITE (Hrsg.): Odour and ammonia emissions from livestock farming. - Elsevier Applied Science, London: 71-80.
- MÜLLER, H.-J. (1975): Stoff- und Wärmetransport bei der Raumströmung in Tierproduktionsanlagen. - Dissertation, TU Dresden.
- REGENSCHEIT, B. (1959): Die Luftbewegung in klimatisierten Räumen. - Kältetechnik 11(1): 3-11.

# Emissionsarme, artgerechte Haltung von Mastschweinen in größeren Beständen

Günter Hörnig, Hans-Joachim Müller und Meno Türk

## Einführung

Die Schweinebestände in den neuen Bundesländern sind seit 1989 im Zuge der Marktanpassung und durch Schließung von besonders umweltbelastenden Großanlagen um 60 % zurückgegangen. Wie das Beispiel des Landes Brandenburg zeigt, beginnt sich aber diese Entwicklung zu stabilisieren. Um den Wirkungsgrad der Fleischerzeugung zu erhöhen und langfristig in der EG wettbewerbsfähig zu sein, sollten Mastbetriebe nach Vorstellung von ENGLISCH (1993) mindestens 1000 Schweine halten. Dafür müssen ausreichende Verwertungsflächen für die anfallenden Wirtschaftsdünger vorhanden sein. In Brandenburg entfallen derzeit 56,5 GV (Rinder, Schweine, Schafe, Pferde, Ziegen) auf 100 ha landwirtschaftliche Nutzfläche.

Die Struktur der Schweinebestände in Deutschland sowie z. B. in Holland und Dänemark ist sehr unterschiedlich: in den neuen Bundesländern werden 86 % der Schweine in Anlagen mit mehr als 1000 Tieren gehalten, in den alten Bundesländern nur ca. 8 %. Die Strukturen in Holland und Dänemark zeigen einen Trend zu größeren Beständen.

Ausgehend von dieser Situation stellt sich uns die Aufgabe der art- und umweltgerechten Schweinehaltung in größeren Beständen. Erste Ansatzpunkte bilden neue Haltungsverfahren und wirkungsvolle Lüftungstechnik. Im Jahre 1992 begannen Forschungsarbeiten zur Untersuchung neuer Haltungsverfahren in größeren Tierbeständen:

Haltung auf Einstreu mit und ohne Anwendung von Bioaktivatoren mit den Schwerpunkten Mechanisierung und Bettbearbeitung, Klimatisierung, auftretende Schadgas- und Geruchsemissionen sowie Minderungsmaßnahmen.

## Untersuchungsgegenstand und -methoden

Unter Nutzung der Altbausubstanz entstanden mehrere Ställe mit Tiefstreu und Bioaktivatorzusatz (Biobett). Vorgegebene Geometrie und bauliche Lösung wirken sich dabei stark auf verfahrenstechnische und stallklimatische Fragen aus.

---

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. Günter Hörnig, Dr.-Ing. Hans-Joachim Müller, Dr.-Ing. habil Meno Türk, Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 1, 14469 Potsdam-Bornim

## Charakteristik der Ställe

### Stall 1 in Schwanebeck (Abbildung 1)

- Ausbau eines alten Jungrinderstalles (20,7 m x 75,0 m)
- 11 Buchten à 50 - 55 Tiere; 0,69 - 0,76 m<sup>2</sup>/Tier
- 10 - 11 Tiere/Breifutterautomat
- freie Lüftung (Abluftschächte, Schlitz in Fenstersohlbänken, öffnbare Fenster ohne Stelleinrichtungen)
- 67 PS-Traktor, Frontlader mit Dunggabel für die Bettbearbeitung.

Das Biobett wurde in fünf Schichten aus Hackschnitzeln und Stroh unter Mitwirkung der Firma UMS aufgebaut.

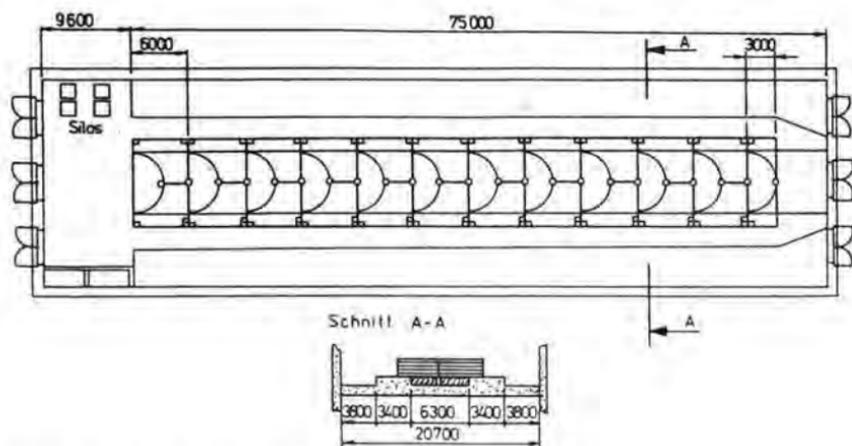


Abb. 1: Kompoststall in Schwanebeck - 1. Stufe: 550 Mastschweine.

### Stall 2 in Dahnsdorf

- Ausbau einer nicht vollendeten Bauhülle für einen Melkstand (15,0 m x 35,0 m)
- 5 Buchten à 106 Tiere; 0,68 m<sup>2</sup>/Tier
- 11 Tiere/Breifutterautomat
- Trauf-First-Lüftung ohne Regeleinrichtung
- Bettbearbeitung a) 67 PS-Traktor, Frontlader mit Dunggabel  
b) 70 PS-Traktor, Frontlader mit Silozange, Bodenfräse

Der Biobettaufbau erfolgte ebenfalls aus Hackschnitzeln und Stroh (z. T. Häcksel und Langstroh).

### Stall 3 in Ruhlsdorf (Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung)

- Ausbau eines Teils einer Strohscheune (12,0 m x 10,0 m)
- 2 Buchten à 32 Tiere; 1,25 m<sup>2</sup>/Tier
- 10 Tiere/Breifutterautomat
- freie Lüftung (Firstschlitz, Zuluft vom Nebenraum), Gasheizung möglich
- Bettbearbeitung mit selbstfahrendem Lader (TIH 445)
- Betaufbau: in einer Bucht Stroh, in einer Bucht Holzspäne mit 20 % Stroh; „Frico“-Stamm- und Nährlösung.

Das Biobett wurde anfangs in den Ställen 1 und 2 mit dem Traktor mit Frontlader/Dunggabel bearbeitet. Im Stall 1 beträgt die Buchtenbreite nur 3,10 m. Der Traktor kann im wesentlichen nur vor- und rückwärts fahren. Seitlicher Spielraum für Aufnehmen und Vergraben besteht somit nicht. Deshalb wird die gesamte Buchtenreihenfläche bearbeitet. Auch konnte das Bearbeiten nur der oberen 40 cm starken Schicht nicht beibehalten werden, weil das darunterliegende Stroh mit erfaßt wurde. Das gesamte Bett wurde also bis zur Sohle umgearbeitet. Unter diesen Bedingungen ist in der 8. Mastwoche eine Arbeitszeitstudie durchgeführt worden.

Ungünstig war der örtliche Exkrementanfall. Nach anfänglich etwa gleicher Kotverteilung in beiden Buchtenreihen koteten die Tiere nach vier Wochen vorzugsweise in der linken, dunkleren Buchtenreihe ab.

Im Stall 2 steht mehr Platz für die Bearbeitung zur Verfügung. Die Technologie wurde verändert, weil mit Traktor und Frontlader - wie oben beschrieben - nicht differenziert genug gearbeitet werden konnte. Der wesentliche Unterschied besteht in folgenden Arbeitsgängen:

- Teilweises Entfernen der Dungstellen aus dem Stall
- Umarbeiten der gesamten Fläche bis 500 mm Tiefe
- Einebnen der Oberfläche mit Bodenfräse (rückwärts und vorwärts).

Die Zeitmessungen erfolgten in der 14. Mastwoche.

Im Stall 3 werden die Kotstellen wöchentlich mit einem Lader vergraben, und zwar jeweils auf einem anderen Fünftel der Buchtenfläche bis 0,5 m Tiefe. So soll eine ungestörte Kompostierung über fünf Wochen gewährleistet werden.

Die **stallklimatischen Untersuchungen** erstreckten sich auf die Messung folgender Parameter:

- Lufttemperatur und Luftfeuchte innen und außen, Verlaufs- und/oder Einzelmessungen
- Gaskonzentrationen - an ausgewählten Meßtagen Verlaufsmessungen in Stallmitte für NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>; in Ergänzung dazu Prüfröhrchenmessung für NH<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub> an verschiedenen Stellen im Stall

- Luftvolumenstrom-Messung mit der Indikatorgasmethode (Leitung: Abteilung „Bioverfahrenstechnik“ des ATB) unter Verwendung des radioaktiven Gases <sup>85</sup>Krypton an ausgewählten Meßtagen (Ställe 1 und 3)
- Messung der Geruchsstoffkonzentration mit dem Olfaktometer.

## Bisherige Ergebnisse

### Arbeitszeitbedarf

Das Biobett wird im Stall 1 von zwei Arbeitskräften bearbeitet. Neben dem Traktoristen erledigt eine weitere Person folgende Handarbeiten:

- Tore der Buchten öffnen und schließen
- vom Frontlader an Buchtenrändern nicht erfaßten Kot untergraben
- Feinebnen des Biobetts und Verteilung des Bioaktivators
- Reinigen der Betonflächen.

Der spezifische Arbeitszeitbedarf beträgt 0,20 AKmin/Tier-Tag (Tabelle 1). Für die Bearbeitung selbst, für die Funktionsweise des Biobetts - und daraus resultierend - für die Schadgasemissionen ist vor allem von Nachteil, daß die Buchtengeometrie und die Bearbeitungsmaschine ein Verteilen der Kotstellen in die benachbarte Buchtenreihe nicht zulassen.

Tab. 1: Zeitstudie zur Biobettbearbeitung (Stall 1, 8. Mastwoche).

	Gesamtzeit	Tore auf/zu	Biobett bearbeiten	Absprachen	Pausen
Minuten	530	64	347	67	52
Stunden/Min.	8:50	1:04	5:47	1:07	0:52
anteilig	100 %	12,1 %	65,5 %	12,6 %	9,8 %
<b>Spezifischer Arbeitszeitbedarf</b>					
Unterstellungen: - 411 Minuten Gesamtarbeitszeit (ohne Absprachen- und Pausenzeiten)					
- 2 Arbeitskräfte					
- einmal wöchentliches Bearbeiten des Biobetts					
- 590 Schweine zwischen 50 und 75 kg Gewicht					
spezifischer Arbeitszeitbedarf:	0,20 AKmin/Tier*Tag				

Im Stall 2 ist ebenfalls neben dem Traktoristen eine weitere Arbeitskraft tätig (Tabelle 2). Hoher Zeitanteil wird für das Aufnehmen und Transportieren der Hauptkotstellen aus dem Stall benötigt. Der spezifische Arbeitszeitbedarf liegt bei 0,14 AKmin/Tier-Tag.

Tab. 2: Zeitstudie zur Biobettbearbeitung (Stall 2, 14. Mastwoche).

	Gesamtzeit	Tore auf/zu	Biobett bearbeiten				Einstreuen	Sonstiges
			Ausmisten	Verteilen	Graben	Fräsen		
Minuten	251	16	81	15	67	39	25	8
Stunden/Min.	4:11	0:16	1:21	0:15	1:07	0:39	0:25	0:08
antellig	100 %	6,4 %	32,3 %	6,0 %	26,7 %	15,5 %	10,0 %	3,2 %
<b>Spezifischer Arbeitszeitbedarf</b>								
Unterstellungen: - 243 Minuten Gesamtarbeitszeit (ohne "Sonstiges")								
- 2 Arbeitskräfte								
- einmal wöchentliches Bearbeiten des Biobetts								
- 500 Schweine mit einer mittleren Masse von 110 kg								
spezifischer Arbeitszeitbedarf:			0,14 AKmin/Tier*Tag					

Verglichen mit Werten anderer Versuchsansteller (z. B. KÜHLEWIND & HEILMANN (1992): 0,10 - 0,40 AKmin/Tier-Tag; HOPPENBROCK (1992): 0,27 - 0,54 AKmin/Tier-Tag), liegt der Arbeitsaufwand in diesem Bereich.

Im Stall 3 wird nach Angaben von BUCHTA (1992) eine Bearbeitungszeit von 0,57 AKmin/Tier-Tag benötigt. An der Senkung dieses Aufwandes wird gearbeitet.

### Lufttemperatur und -feuchte

Während der Meßperiode Herbst 1992 schwankten im Stall 1 die Außentemperaturen zwischen -5 °C und 13 °C. Die Werte für die relative Außenluftfeuchtigkeit lagen zwischen 48 % und 100 %. Die Stalllufttemperatur lag überwiegend im Bereich zwischen 10 °C und 22 °C. Ein Wert von 6 °C wurde im Stall nur kurz nach der Einnistung gemessen. Die Stallluftfeuchte schwankte zwischen 60 % und 90 %. Die hohen Werte traten nur kurzzeitig auf. Somit bewegen sich die Stallklimaparameter in einem normalen Bereich.

Im Stall 2 lagen - verglichen mit Stall 1 - die Innentemperaturen etwas niedriger. Bei Außentemperaturen von -15 °C kam es wegen der nicht regelbaren Öffnungen sogar zu Frost im Stall. Die Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen 60 % und 90 %.

Während der komplexen Messung im Stall 3 am 16.12.1992 lag die Stalltemperatur zwischen 8,3 °C und 10,6 °C bei Außentemperaturen von -0,7 °C bis 3,0 °C. Die Außenluftfeuchte sank von 95 % auf 82 %, während die Stallluftfeuchte zwischen 75 % und 86 % schwankte.

### Gaskonzentrationen

Die Messungen mit dem Multigasmonitor von Bruel und Kjaer erlauben die Darstellung des Konzentrationsverlaufes über die jeweils gewünschte Zeitdauer (Abbildungen 2 und 3). Der Konzentrationsverlauf spiegelt die Wirkungen des

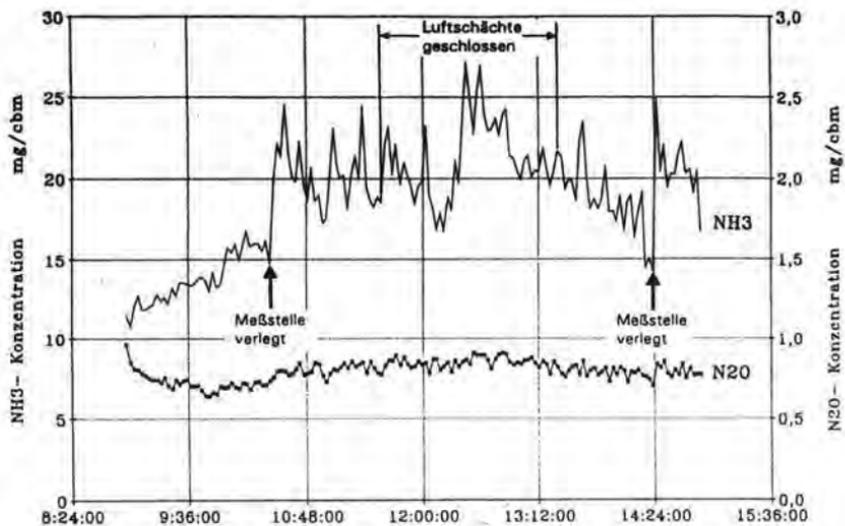


Abb. 2:  $\text{NH}_3$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Konzentration (Stall 1, 02.12.1992).

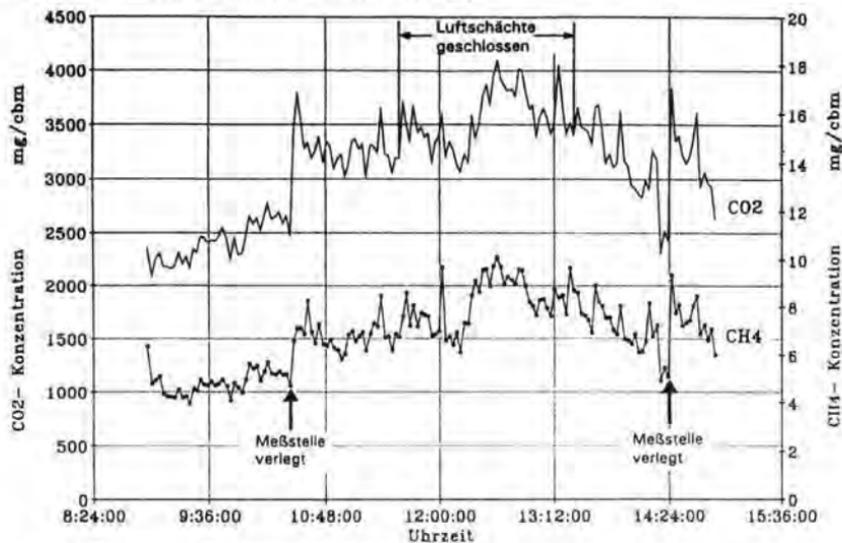


Abb. 3:  $\text{CO}_2$ - und  $\text{CH}_4$ -Konzentration (Stall 1, 02.12.1992).

Außenklimas und der Öffnungen in der Stallhülle auf den Luftvolumenstrom wider, z. B. geschlossene Luftschächte in der Zeit von 11.<sup>34</sup> Uhr bis 13.<sup>23</sup> Uhr. Für die Lage der Meßstelle gilt das gleichermaßen; 10.<sup>25</sup> Uhr Verlegung der Meßstelle vom Gang in die Buchtenmitte, 14.<sup>24</sup> Uhr Verlegung von 1,2 m Höhe über dem Biobett in die Nähe eines Luftschachtes. Das unterstreicht die Notwendigkeit, zur Ermittlung des

Emissionsstromes an mehreren Stellen gleichzeitig die Konzentration zu messen und ein Konzentrationsprofil zu erstellen.

Die mittleren Gaskonzentrationen in den untersuchten Ställen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Sie bilden die Basis für die Berechnung der Emissionsströme. Für den Stall 1 sind hohe  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen bei niedrigen  $\text{N}_2\text{O}$ -Konzentrationen feststellbar, in den Ställen 2 und 3 liegen die Verhältnisse umgekehrt. Der Anfall größerer Mengen von Lachgas und Methan deutet auf anaerobe Vorgänge im Biobett hin, die durch Störungen im Kompostierungsprozeß verursacht werden.

Tab. 3: Mittlere Gaskonzentrationen in Ställen mit Biobett.

Stall	Datum	$\text{NH}_3$	$\text{CO}_2$	$\text{mg/m}^3$	
				$\text{N}_2\text{O}$	$\text{CH}_4$
1	09./10.11.1992	11,0 - 22,5	2600 - 4000	0,65 - 0,82	2,8 - 8,2
	02.12.1992				
2	29.01.1992	8,8	2430	3,37	19,1
3	16.12.1992	8,8	2380	1,50	5,2

(Mittelwerte aus Verlaufsmessungen mit dem Multigasmonitor)

## Geruchsstoffkonzentrationen

Die Geruchsstoffkonzentrationen (Tabelle 4) wurden mit dem Olfaktometer TO 6 (nach MANNEBECK) bestimmt. Die Entnahme der Luftproben erfolgte an verschiedenen Stellen ca. 1,2 m über dem Biobett. Die Konzentrationen weisen bei einem Vergleich mit konventionellen Mastställen (mit und ohne Einstreu) gleiche und z. T. höhere Werte auf, was auf nicht optimale Rottebedingungen zurückgeführt werden kann. Hohe Luftdurchsätze mindern die Geruchsstoffkonzentration (z. B. Stall 1, Schächte offen oder geschlossen, und Stall 2).

Tab. 4: Mittlere Geruchsstoffkonzentrationen in Ställen mit Biobett.

Stall	Datum	Geruchsstoffkonzentration $\text{GE/m}^3$	n	Bemerkungen
1	02.12.1992	611	6	Schächte geschlossen; Sohlbankschlütze geöffnet
		414	6	Schächte und Sohlbankschlütze geöffnet
	22.01.1993	569	3	Ventilatoren in den vier Schächten in Betrieb
2	22.01.1993	45	1	hoher Luftdurchsatz bei ca. 4 m/s Außenwind
3	16.12.1992	402	4	unterschiedliche Luftdurchsätze

## Luftvolumenstrom

Die Indikatorgasmethode ermöglicht auch bei freier Lüftung die ausreichend genaue Bestimmung der Luftdurchsätze unter den realen Randbedingungen (Tabelle 5).

Zum Abtransport der aus dem Biobett austretenden Wasserdampfmen- gen sind große Luftraten notwendig. HOY (1992) und HESSE (1992) halten 70 m<sup>3</sup>/h·Tier für erforderlich, VAN SCHAUK (1992) sogar 1,3 m<sup>3</sup>/h·kg Lebendmasse (also 130 m<sup>3</sup>/h·Tier bei 100 kg LM!). Es ist ersichtlich, daß im Stall 1 der Luftvolumenstrom je Tier zu niedrig ist.

Tab. 5: Luftwechsel  $\alpha$  und Luftvolumenstrom.

Stall	Datum	$\alpha$ h <sup>-1</sup>	V		Bemerkungen
			m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h·Tier	
1	02.12.1992	3,9	21051	35,7	Sohlbankschlitz geöffnet; Schächte und Tore geschlossen
		5,7	29127	49,4	Schächte und Sohlbankschlitz geöffnet; Tore geschlossen
3	16.12.1992	7,0	3269	52,7	Firstschlitz geöffnet; Undichtig- keiten
		18,8	8780	141,6	Firstschlitz und Tor geöffnet; Undichtigkeiten

## Emissionsströme

Die Emissionsströme sind das Produkt aus dem Volumenstrom und der Konzentrati- onsdifferenz zwischen Abluft und Frischluft (Tabelle 6). Sie sind bei NH<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub> im Stall 3 zwar geringer als im Stall 1, jedoch emittieren im Stall 3 die „Treibhausgase“ N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> stärker.

Zur Bewertung der Meßergebnisse ist festzustellen, daß im Stall 1 mehr NH<sub>3</sub> entsteht als in bekannten Biobettställen, sogar mehr als bei einstreuloser Haltung. Die Werte sind aber auch vergleichbar mit den von HESSE (1992) mitgeteilten Ergebnissen von ca. 6 g NH<sub>3</sub>/h·GV. Die Geruchsemissionsströme von 47 - 49 GE/s·GV entsprechen Angaben von OLDENBURG (1989) bei Mastschweinen auf Einstreu, sind aber geringer als bei einstreuloser Haltung. Insgesamt muß man feststellen, daß der propagierte ökologische Vorteil der Haltung von Schweinen auf Tiefstreu mit Bioaktivatorzusatz mit der bisherigen Bewirtschaftungsweise noch nicht erreicht wurde.

Tab. 6: Emissionsströme in Ställen mit Biobett.

Stall	Datum	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	g/h·GV		Geruch GE/s·GV	Bemerkungen
				N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>		
1	02.12.1992	5,7	739	0	1,7	49	Sohlbankschlitz ge- öffnet; Schächte und Tore geschlossen
		6,1	811	0	2,0	47	Schächte und Sohl- bankschlitz geöffnet; Tore geschlossen
3	16.12.1992	4,4	743	0,43	2,5	47	Firstschlitz geöffnet; Undichtigkeiten
		4,2	798	0,45	2,5		Firstschlitz geöffnet; Undichtigkeiten; Tor geöffnet

## Diskussion und Schlußfolgerungen

Der ermittelte Arbeitsaufwand zur Bearbeitung des Biobetts in drei untersuchten Ställen ist vertretbar, läßt sich aber durch gezielte Aufnahme und Verteilung der Kotstellen noch reduzieren. Untersuchungen mit anderen Mechanisierungsmitteln, wie selbstfahrender Frontlader und Anbaukran mit Dunggabel, haben begonnen. Wesentliches Ziel ist dabei die lokalisierte Bearbeitung.

Störungen im Kompostierungsverlauf (Bettemperaturen < 30 °C) führen zu hohen Gas- und Geruchskonzentrationen sowie Emissionsströmen. Ursachen sind vor allem

- die Überbelegung bei spezifischen Haltungsflächen um 0,7 m<sup>2</sup>/Tier,
- die Störung des Rottevorgangs infolge hoher Verdichtung durch die Bearbeitungsmaschine sowie durch zu kurze Ruhepausen zwischen zwei Bearbeitungen und unzureichende Bearbeitungsqualität,
- die erhöhte Konzentration von Kot/Harn in einer Buchtenreihe (Stall 1).

Geeignete technische und organisatorische Maßnahmen sollen in weiteren Untersuchungen zur Reduzierung der Umweltbelastungen führen. Unter Beibehaltung der freien Lüftung wird an lüftungstechnischen Veränderungen gearbeitet, um die für die Tiergesundheit nachteiligen NH<sub>3</sub>-Konzentrationen zu verringern.

## Literatur

- BUCHTA, U. (1992): Schweinemast auf dem Biobett. - Ruhlsdorfer Schnellinformation Nr. 4.
- ENGLISCH, H.-G. (1993): Umwelt- und tiergerechte Schweinehaltung - Anforderungen an die Tierleistungen. - Vortrag AMK-Kongreßzentrum, Grüne Woche Berlin.
- HOPPENBROCK, K. H. & S. LATKA (1992): Strohhäckseleinstreu bei Mastschweinen im Offenstall. - Fachgespräch im Haus Düsse „Haltung von Mastschweinen auf Einstreu mit Bioaktivatorzusatz“.
- HOY, S., EHSER, U. & U. STEINMETZ (1992): Ammoniakkonzentration, Tierleistung und Tiergesundheit bei der Haltung von Mastschweinen auf Tiefstreu mit Präparate-Einsatz im Vergleich zur Vollspaltenbodenhaltung. - Fachgespräch im Haus Düsse „Haltung von Mastschweinen auf Einstreu mit Bioaktivatorzusatz“.
- KÜHLEWIND, J. & K. HEILMANN (1992): Vorteile rechtfertigen Mehraufwand. - Neue Landwirtschaft 9: 70-82.
- OLDENBURG, J. (1989): Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. - KTBL-Schrift 333.
- VAN SCHAUW, B. (1992): The role of biotechnological Additives to improve sawdust and straw pig bedding systems. - Fachgespräch im Haus Düsse „Haltung von Mastschweinen auf Einstreu mit Bioaktivatorzusatz“.



# Einfluß von Klimafaktoren und Flächenangebot auf die Nutzung eines Auslaufes durch Milchkühe

Bernd Lehmann, Horst Schürzinger, Barbara Kießling, Sabine Huber,  
Josef Boxberger und Thomas Amon

## I. Einleitung

Ab Mitte der 60er Jahre führten sich Laufställe für die Milchviehhaltung zunehmend in die Praxis ein. Diese anfänglichen Systeme wurden aus Gründen der Investitionskostensenkung größtenteils mit Laufhöfen ausgestattet. Die Fütterungseinrichtung, in 50 % der Fälle als Selbstfütterung am Flachsilo konzipiert, befand sich dabei im Außenbereich, was jedoch in kälteren Regionen häufig zu Problemen führte. So hatten 1972 nur noch 15 % aller Laufställe einen Laufhof (SCHÖN et al. 1974).

### 1.1 Problemstellung

Die heute übliche überwiegende Stallhaltung der Milchkühe führt dazu, daß die Kontaktmöglichkeit der Tiere mit dem Außenklima sehr stark eingeschränkt wird. Dadurch kann es zu negativen Auswirkungen auf die Vitamin-D-Versorgung (KIRCHGESSNER 1987), die Atmungsaktivität, den Stoffwechsel und die Fruchtbarkeit der Kühe kommen. Als Ersatz für die direkte Sonneneinstrahlung sind Kunstlichtquellen nur unbefriedigend (HAIGER et al. 1988).

Außerdem verbessert das zusätzliche Flächenangebot für die Kühe in Form eines Auslaufes die Möglichkeit zur Bewegung, was besonders unter beengten Stallverhältnissen einen positiven Effekt auf die Leistungsbereitschaft der Tiere haben kann (SCHLEITZER & LÖSER 1990).

Im Hinblick auf eine artgerechtere Tierhaltung erscheint es daher unumgänglich, den Tieren Kontakt mit dem Außenklima zu ermöglichen und ein zusätzliches Flächenangebot im Freien zu schaffen.

---

Anschriften der Autoren: Dr. Bernd Lehmann, GHS Kassel, Institut für Agrartechnik, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen.

Dipl.-Ing. (FH) Horst Schürzinger, cand. agr. Barbara Kießling, cand. agr. Sabine Huber, TU München, Institut für Landtechnik, Am Staudengarten 3, 85354 Freising-Weihenstephan.

Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. Josef Boxberger, Dipl.-Ing. agr. Thomas Amon, Universität für Bodenkultur in Wien, Institut für Landtechnik und Energiewirtschaft, Landtechnik, Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Wien, ÖSTERREICH.

Entsprechend der früheren Auffassung hinsichtlich der Laufhofgestaltung finden sich in der Literatur überwiegend Angaben zum Flächenbedarf außenliegender Freßplätze mit Laufhof (Tab. 1). Die Werte für sogenannte optionale Laufhöfe, die von den Tieren freiwillig aufgesucht werden können, variieren von 4 m<sup>2</sup>/Kuh (KÖSTLIN 1956) bis zu 8 m<sup>2</sup>/Kuh (OBER 1957).

Tab. 1: Literaturangaben zum Flächenbedarf für Laufhöfe (zusammengestellt von FRITON 1991).	
Autoren Jahr	m <sup>2</sup> /Kuh
optionaler Auslauf	
KÖSTLIN 1956	4
OBER 1957	6-8
KULKE 1961	4-5
außenliegender Freßplatz mit Laufhof	
KRÜGER 1963	8
REPMIEIER 1963	8
EICHHORN 1965	6
JEBAUTZKE & POHLMANN 1966	5-6 /GVE
DELLERS 1989	9,4

## 1.2 Zielsetzung

Das Ziel eigener Untersuchungen war es, für die Einrichtung optionaler Laufhöfe für Milchkühe einen Flächenbedarf je Kuh basierend auf Verhaltensbeobachtungen zur Auslaufnutzung abzuleiten. Dabei standen folgende Teilziele im Vordergrund:

- Ermittlung der Belegdichten in einem Laufhof für Kühe in einem Liegeboxenlaufstall,
- Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Laufhofgrößen auf die Nutzung durch Kühe in einem Tretmiststall,
- Untersuchung des Einflusses von Klimafaktoren auf die Auslaufnutzung und Ableitung von Empfehlungen zur Dimensionierung, Ausgestaltung und Handhabung eines optionalen Laufhofes für Milchkühe.

## 2. Material und Methode

Die Untersuchungen zur Nutzung eines optionalen Laufhofes durch Milchkühe wurden auf drei landwirtschaftlichen Betrieben im süddeutschen Raum durchgeführt. Die Rahmenbedingungen für die Verhaltensbeobachtungen sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

Tab. 2: Rahmenbedingungen für die Verhaltensbeobachtungen zur Auslaufnutzung von Milchkühen.

Versuch Nr.	I	II	III
Haltungssystem	Liegeboxenlaufstall	Tretmiststall	Offenfront-Tretmiststall
Herdengröße (n)	66	22	25
Laufhofgröße (m <sup>2</sup> )	2,7	8, 15 u. 19,5	8,7 (incl. Wartebereich z. Melken)
Auslaufzeit (Uhr)	ca. 11 <sup>00</sup> - 18 <sup>30</sup>	ca. 9 <sup>00</sup> - 16 <sup>30</sup>	0 <sup>00</sup> - 24 <sup>00</sup>
Beobachtungszeitraum	Feb., März	März, April	August
Beobachtungstechnik	Video	direkt	Video

Die Laufhöfe auf den Versuchsbetrieben I und II waren optionale Laufhöfe, der Laufhof im Versuch III diente gleichzeitig als Warteraum vor dem Melken. Alle Versuchstiere gehörten der Rasse Deutsches Fleckvieh an. Die Herde auf dem Versuchsbetrieb I war komplett enthornt und wurde in einem Liegeboxenlaufstall gehalten. Der Laufhof war baulich mit einem Teilspaltenboden und einer festen Einzäunung versehen. Die Größe betrug 180 m<sup>2</sup> (2,7 m<sup>2</sup>/Kuh) (Abb. 1).

Die zweite Versuchsherde umfaßte 22 Kühe, die im Gegensatz zur ersten Herde durchweg behornt war. Das Haltungssystem war ein Tretmiststall, dem ein flexibler Auslauf je nach Versuchsvariante mit 8, 15 und 19,5 m<sup>2</sup>/Kuh zugeordnet wurde (Abb. 2).

Die Laufhöfe auf beiden Betrieben standen den Kühen lediglich zwischen den Melkzeiten zur Verfügung.

Die Registrierung des Verhaltens erfolgte mit Videotechnik bzw. durch direkte Beobachtung. Als Merkmale für die Auslaufnutzung wurden das Betreten und das Verlassen des Laufhofes tierindividuell erfaßt. Darüberhinaus wurden für die Tiere in der zweiten Herde die Aufenthaltsorte, die Liegeaktivitäten und die sozialen Auseinandersetzungen der Kühe im Auslauf festgehalten. Insgesamt wurden die beiden Versuchsherden an jeweils 6 Tagen beobachtet.

### 3. Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse konzentriert sich auf die beiden Versuche I und II mit optionalen Laufhöfen. Auf Versuch III wird bei der Interpretation der Ergebnisse kurz eingegangen, da es sich in dieser Variante um ein Offenfront-Stallkonzept handelt.

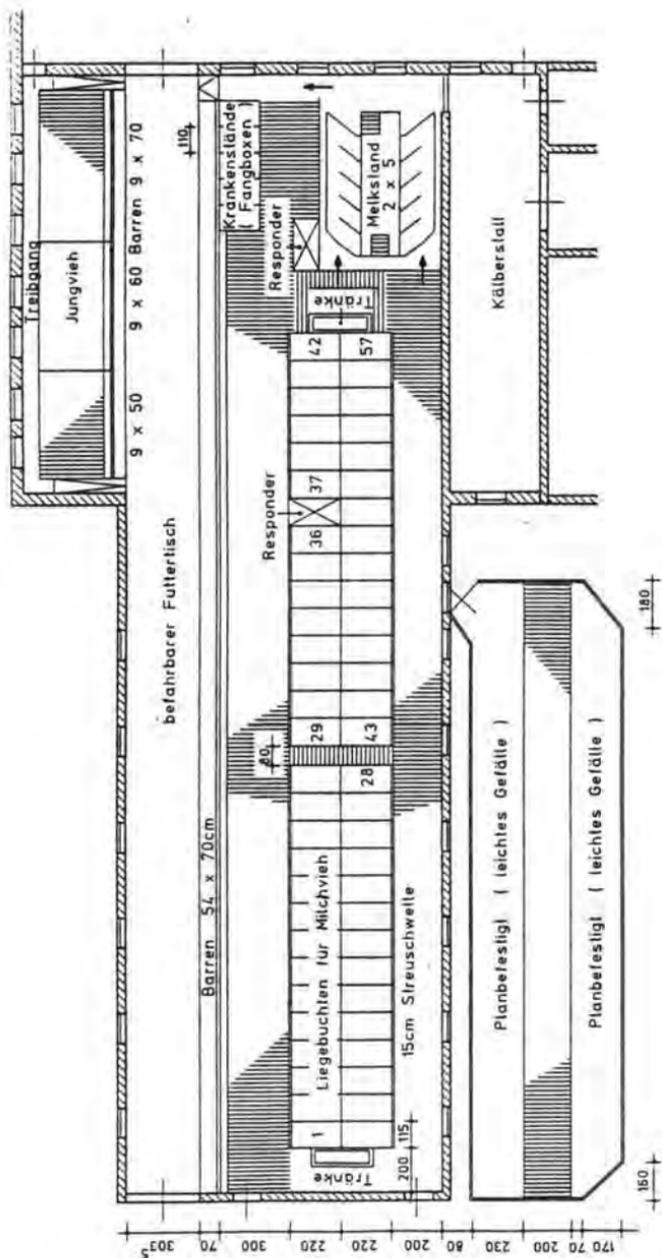


Abb. 1: Stallgrundriß des Liegeboxenlaufstalles mit Laufhof (FRITON 1991).

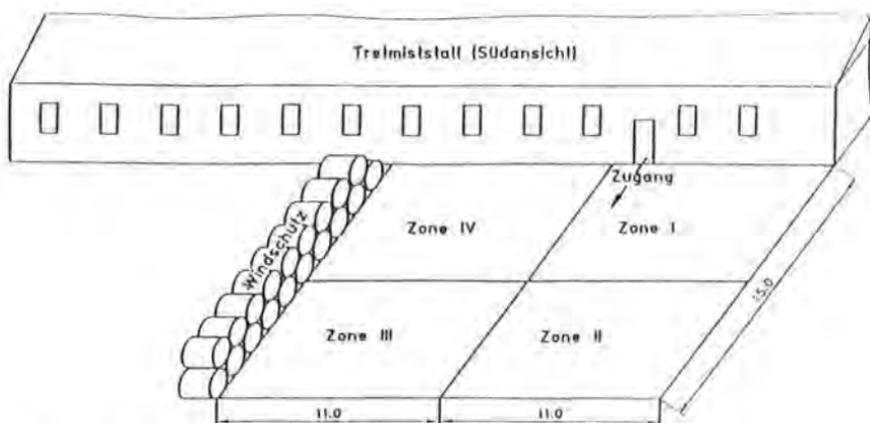


Abb. 2: Zuordnung des Laufhofes zu einem Tretmiststall.

### 3.1 Auslaufnutzung bei Liegeboxenlaufstallhaltung (Versuch I)

Das theoretische Flächenangebot/Kuh im Auslauf auf dem Versuchsbetrieb I betrug lediglich 2,7 m<sup>2</sup>. Dies hatte zur Folge, daß von den insgesamt 66 Kühen in der Herde nur durchschnittlich 49 Kühe (74 % der Herde) je Beobachtungstag ins Freie gelangten.

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer dieser 49 Kühe im Auslauf betrug 131,8 min/d, wobei ein Aufenthalt im Freien durchschnittlich  $57,2 \pm 46,9$  min andauerte. Die Bilanzierung der Aus- und Eintritte in den Laufhof je 30 min-Intervall zeigt deutlich, daß nach dem Öffnen des Zuganges zum Auslauf die Kühe sehr stark in den Außenbereich drängen (Abb. 3).

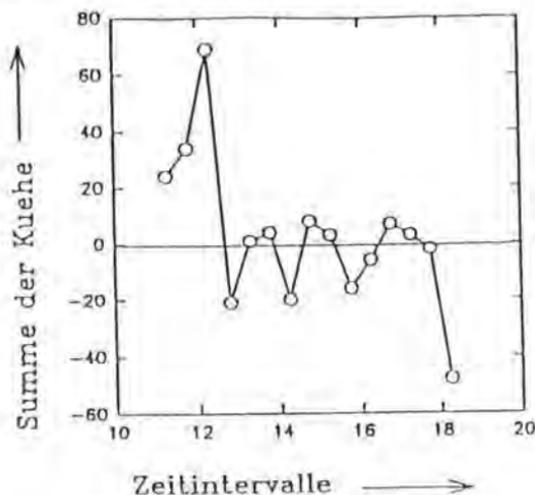


Abb. 3: Tagesperiodik der Auslaufnutzung (Bilanz der Aus- und Eintritte, PRITON 1991).

Über den restlichen Tag verteilt wird keine größere Tierkonzentration im Auslauf erreicht. In den einzelnen Nutzungsphasen im Tagesverlauf halten sich Aus- und Eintritte in etwa die Waage.

Dieser Zusammenhang war Veranlassung, die Zeitdauer und Häufigkeit bestimmter Belegdichten im Auslauf näher zu analysieren, um daraus einen Mindestflächenbedarf je Kuh abzuleiten, der es theoretisch allen Tieren einer Herde ermöglicht, gleichzeitig den Auslauf zu nutzen (Tab. 3).

Tab. 3: Maximale Gesamtdauer von ausgewählten Belegdichten im Laufhof eines Liegeboxenlaufstalles an sechs Versuchstagen (FRITON 1991).

Kuhzahl im Auslauf (k >)	Belegdichte (m <sup>2</sup> /Kuh)	Häufigkeit (n)	Gesamtzeit (min)	Max. (min)	Min. (min)
23	7,83	23	208,52	49,10	0,20
24	7,50	23	139,90	48,12	0,13
25	7,20	12	76,57	27,77	1,00
26	6,92	12	38,77	6,88	0,20
27	6,67	7	11,02	3,85	0,28
28	6,43	1	0,87	-	-

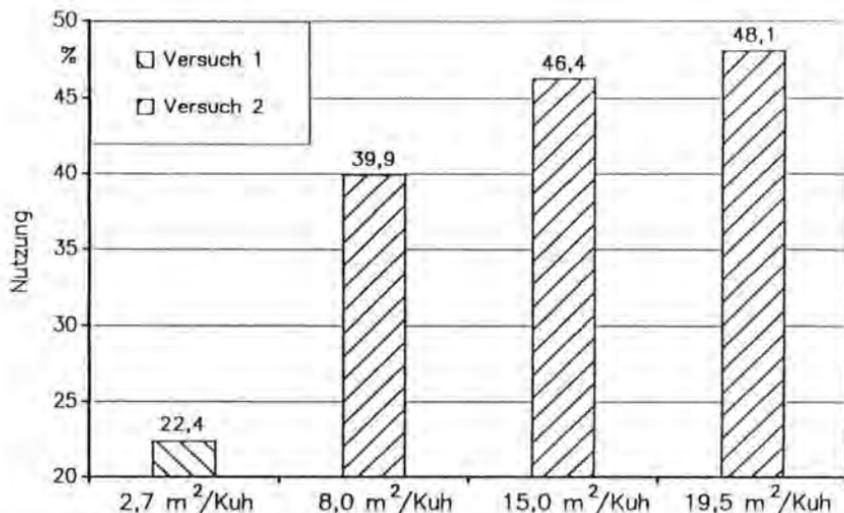
Als höchste Belegdichte wurden zur gleichen Zeit maximal 28 Kühe (6,43 m<sup>2</sup>/Kuh) im Auslauf beobachtet. Diese Situation trat allerdings nur für eine Zeitdauer von 0,87 min auf. Die Maximalzeitdauern bestimmter Belegdichten reduzierten sich ab einer Kuhzahl von 25 und mehr Kühen (7,20 m<sup>2</sup>/Kuh) gleichzeitig im Auslauf auf 6,88 min. Dies deutet darauf hin, daß eine Einhaltung der Individualdistanz im Auslauf nur sehr beschränkt möglich war.

### 3.2 Auslaufnutzung bei Tretmiststallhaltung (Versuch II)

Ausgehend von den Ergebnissen des Versuches I wurde auf dem zweiten Versuchsbetrieb ein variabler Laufhof mit 8, 15 und 19,5 m<sup>2</sup>/Kuh eingerichtet. Wie Abb. 4 zeigt, steigt die Nutzungsdauer des Auslaufes grundsätzlich mit dem Flächenangebot an (Abb. 4).

Eine besonders starke Zunahme läßt die Vergrößerung von 8 auf 15 m<sup>2</sup>/Kuh erkennen.

Aber nicht nur eine quantitative Zunahme der Nutzung des Auslaufangebotes, sondern ebenfalls die Qualität der Nutzung ändert sich mit dem Flächenangebot. Je nach Laufhofgröße verlängert sich die mittlere Aufenthaltsdauer je Aufenthalt von durchschnittliche 33,9 min auf 43,0 min bzw. 60,0 min. Als signifikant erweist sich der Unterschied zwischen der Variante 8,0 und 19,5 m<sup>2</sup>/Kuh, was auf wesentlich mehr Ruhe und ein herdensynchroneres Verhalten hindeutet (Abb. 5).



Nutzung = mittlerer Aufenthaltsanteil der Herde im Auslauf

Abb. 4: Nutzung eines Auslaufes durch Kühe in einem Tretnistall in Abhängigkeit vom Flächenangebot.

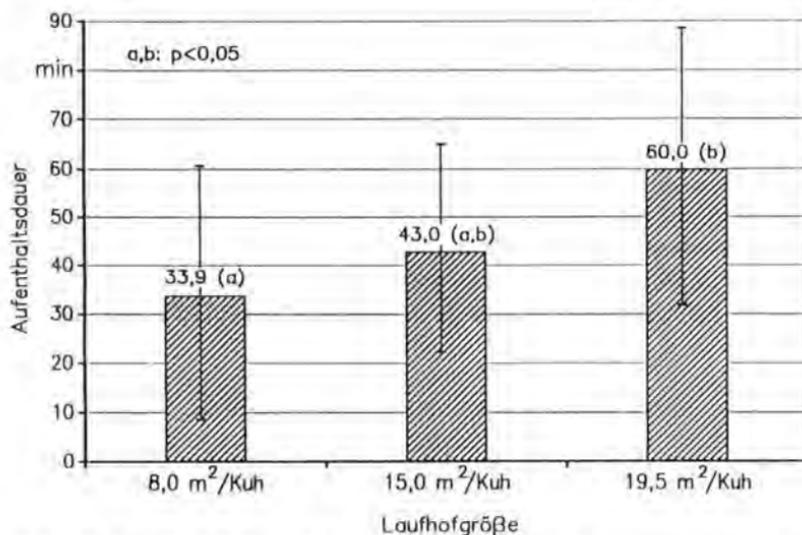


Abb. 5: Mittlere Aufenthaltsdauer je Aufenthalt von Kühen in einem Auslauf in Abhängigkeit von der Laufhofgröße.

Die Analyse der repulsiven sozialen Auseinandersetzungen je Kuh und Stunde in Abhängigkeit von der Laufhofgröße bestätigt diese Tendenz. Der Unterschied wird bereits bei einer Flächenausdehnung von 8 auf 15 m²/Kuh signifikant (Abb. 6).

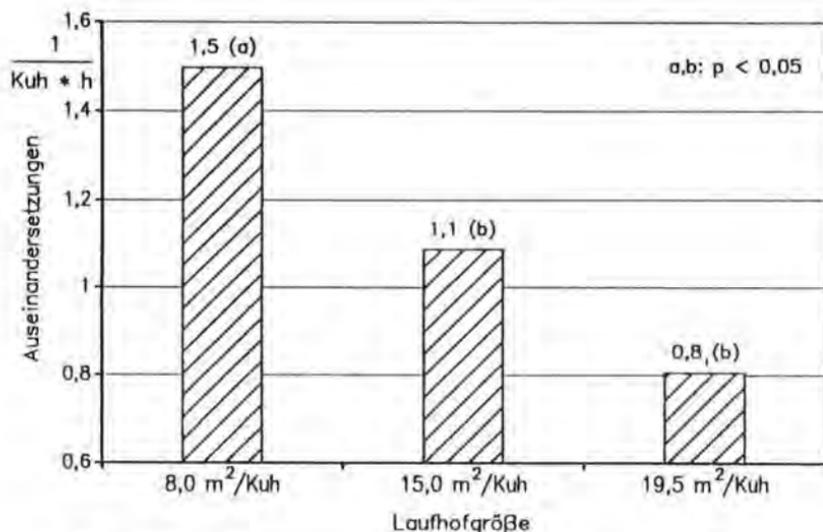


Abb. 6: Repulsive, soziale Auseinandersetzungen in einem Auslauf in Abhängigkeit von der Laufhofgröße.

### 3.3 Einflußfaktoren

Sämtliche Untersuchungen zur Auslaufnutzung von Kühen in den Versuchen I und II wurden in den Monaten Februar bis April durchgeführt. Dabei wurden möglichst unterschiedliche Witterungsverhältnisse ausgewählt, um den Einfluß von einzelnen Klimafaktoren herausstellen zu können.

Für den Versuch I ergaben sich für die Klimafaktoren Außentemperatur, Stalltemperatur und relative Luftfeuchte nur sehr geringe Korrelationen mit den Merkmalen der Laufhofnutzung (Tab. 4).

Tab. 4: Korrelationen zwischen Klimafaktoren und der Anzahl und Dauer von Aufenthalten im Laufhof (FRITON 1991).

	Gs	Ta	Ti	Lf	F
Anzahl der Aufenthalte	-0,24	0,13	0,11	-0,08	-
Zeitdauer des Aufenthaltes	0,15	0,11	-	-	-0,13

Gs = Globalstrahlung, Ta = Außentemperatur, Ti = Innentemperatur, Lf = rel. Luftfeuchte, F = Austrittshäufigkeit

Die größte Bedeutung kommt der Globalstrahlung zu, was auch von KOCH 1985 bestätigt wird.

Wesentlich höhere Korrelationen zwischen der Außentemperatur, der relativen Luftfeuchte und der Anzahl Kühe im Laufhof konnten im Versuch II ermittelt werden ( $r_{LF} = -0,43$  und  $r_{Temp.} = 0,53$ ). Eine Ursache für diesen Unterschied ist das wesentlich günstigere Flächenangebot im Auslauf bei Versuch II. Hier konnte sich die gesamte Herde zur gleichen Zeit in den Auslauf begeben, während sich bei Versuch I maximal 42 % der Herde gleichzeitig im Laufhof aufhielten. Dieser wahlweise Aufenthalt der Kühe im Stall oder im Auslauf bei Versuch II spiegelt sich in den Tagesverläufen der Laufhofnutzung deutlich wider (Abb. 7).

Während bei einem gleichmäßigen Verlauf von Temperatur und relativer Luftfeuchte auf dem Versuchsbetrieb II insgesamt 4 Phasen der Laufhofnutzung (ähnlich wie bei Versuch I) auftreten (Abb. 7 oben), führt ein Temperatursturz um 6 °C gegen 12<sup>00</sup> Uhr dazu, daß die Tiere den Auslauf verlassen und ihn abgesehen von einem kurzen Zwischenbesuch gegen 13<sup>30</sup> Uhr nicht mehr betreten. Ein derartiger Tagesverlauf der Laufhofnutzung konnte nur unter den angegebenen extremen Witterungsveränderungen beobachtet werden (Abb. 7 unten).

Als weiterer wesentlicher Faktor für die Akzeptanz des Auslaufes muß ein entsprechender Windschutz für die Tiere angesehen werden. Fehlt dieser, besonders bei ungünstiger Zuordnung des Laufhofes zum Stallgebäude, reduziert sich die Auslaufnutzung von 39,9 % der Tageszeit auf 5,0 % (Abb. 8).

Der Windschutz im Versuch II (aufgetürmte Rundballen) wirkte nicht nur allgemein begünstigend auf den Aufenthalt im Laufhof, sondern beeinflusste ebenfalls die räumliche Verteilung der Kühe im Auslauf (Abb. 9).

#### 4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Ein sogenannter optionaler Laufhof für Kühe ermöglicht den Tieren Kontakt zum Außenklima und stellt ein zusätzliches Flächenangebot für verschiedene Aktivitäten dar. Für die Planung eines Laufhofes für Milchkühe müssen folgende Zusammenhänge mit dem Tierverhalten beachtet werden:

- Die höchste Belegdichte, die im Auslauf beobachtet wurde, betrug im Versuch I 28 Kühe. Das bedeutet: mindestens 6,4 m<sup>2</sup>/Kuh, besser wäre ein Flächenangebot von 7,2 m<sup>2</sup>/Kuh, um die Einhaltung entsprechender Individualdistanzen zu ermöglichen.
- Die Nutzung des Laufhofes steigt mit seiner Größe. Besteht ein ausreichendes Flächenangebot, dann neigen die Kühe auch beim Aufenthalt im Laufhof zu einem hohen Maß an Herdensynchronität, was ihrem natürlichen Verhalten entspricht (ZEEB & BAMMERT 1985).
- Die Globalstrahlung stellte in beiden Versuchen (I und II) den Haupteinflußfaktor auf die Attraktivität des Laufhofes dar.
- Negative Auswirkungen auf die Laufhofnutzung hatten im Versuch II Wind bzw. Zugerscheinungen und ein plötzlich auftretender hoher Wärmeentzug durch einen Temperatursturz.

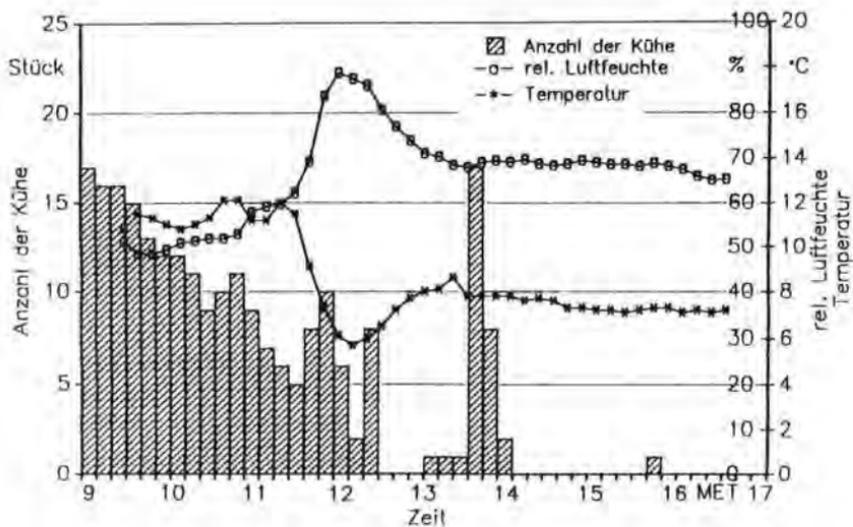
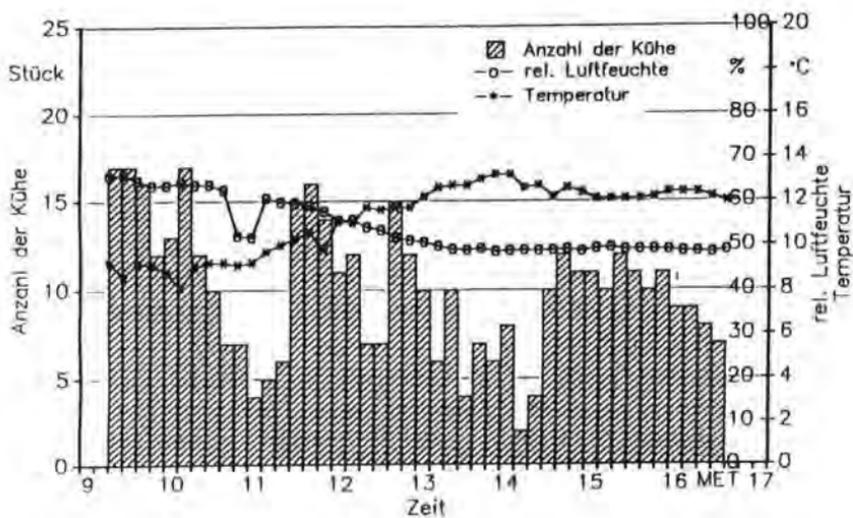
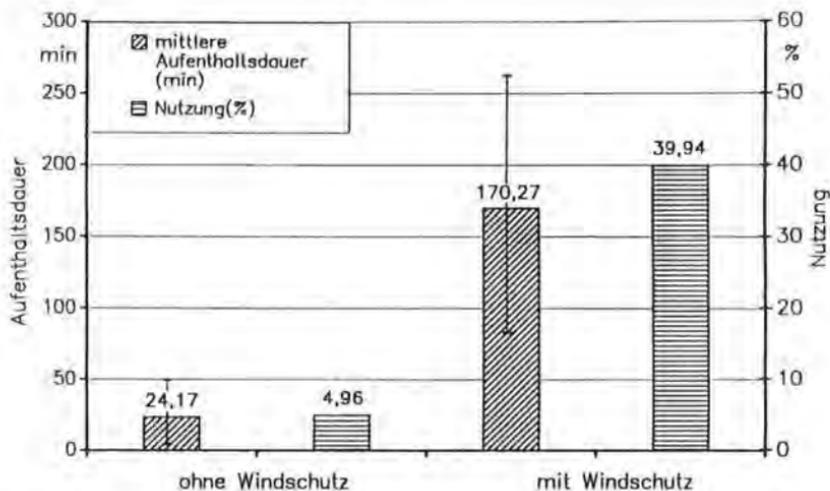


Abb. 7: Tagesverlauf der Laufhofnutzung bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen.



Nutzung = mittlerer Aufenthaltsanteil der Herde im Auslauf

Abb. 8: Mittlere Aufenthaltsdauer und Nutzung eines Laufhofes durch Kühe in Abhängigkeit vom Windschutz (Versuch II).

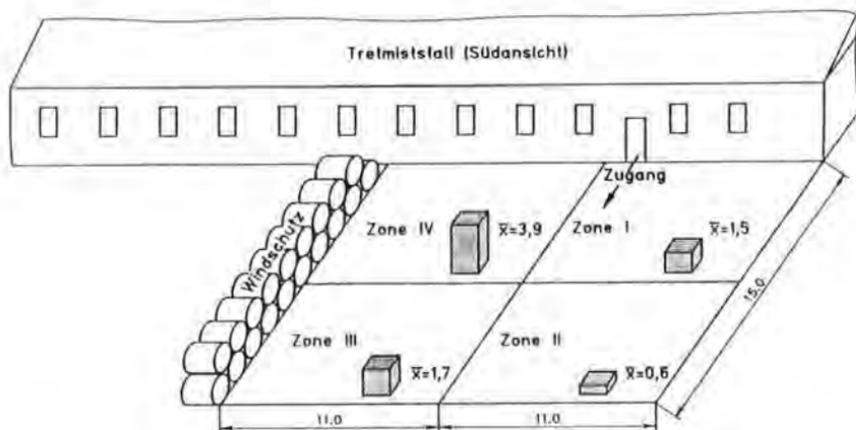


Abb. 9: Räumliche Verteilung der Kühe im Auslauf (Versuch II, mittlere Anzahl an Kühen in den jeweiligen Aufenthaltszonen).

Die bisher dargestellten Ergebnisse und Schlußfolgerungen zur Gestaltung von optionalen Laufhöfen bezogen sich ausschließlich auf Milchkühe in geschlossenen Laufställen. Die hohe Attraktivität eines zusätzliche Auslaufes zeigte sich aber auch für Kühe in einem Offenfront-Tretmiststall (Abb. 10).

Trotz offener Stallfront hielten sich die Tiere noch 19,38 % der Tageszeit im Freien auf.

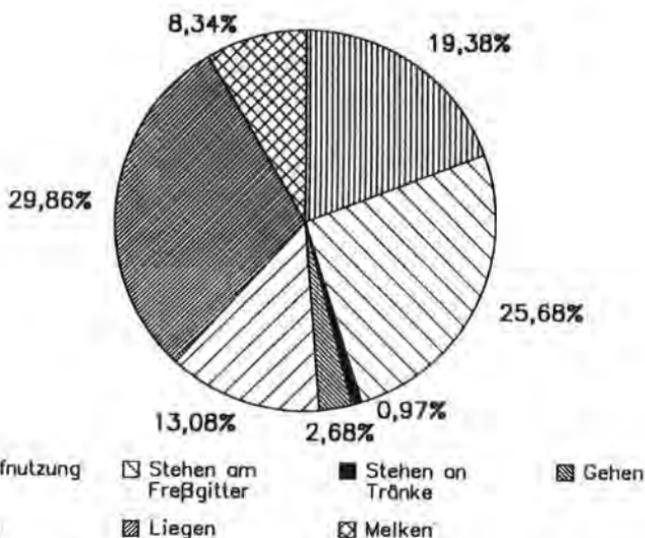


Abb. 10: Verteilung der Aktivitäten von Milchkühen in einem Offenfront-Tretmiststall.

## 5. Literatur

- FRITON, H.-J. (1991): Bauliche Ausführung und Nutzung eines Auslaufes bei der Haltung von Milchvieh im Laufstall. - Diplomarbeit, TU München.
- HAIGER, A., STORHAS, R. & H. BARTUSSEK (1988): Naturgemäße Viehwirtschaft. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KIRCHGESSNER, M. (1987): Tierernährung. - DLG-Verlag, Frankfurt.
- KÖSTLIN, A. (1956): Der Rindviehstall - ein Schwerpunkt der Innenwirtschaft. - Bauen auf dem Lande 7(2): 29-32.
- ÖBER, J. (1974): Der Rindviehstall, 2. Auflage. - BLV Verlags-GmbH, München.
- SCHLEITZER, G. & L. LÖSER (1990): Einfluß von Milchviehställen mit zugeordneten Ausläufen auf die Leistung und Verfahrensgestaltung. - Vortragstagung 200 Jahre veterinärmedizinische Fakultät der Humboldt Universität Berlin, 24.10.1990.
- SCHÖN, H., KAUER, E., BILLENSTEIN H. & E. SCHUHMAN (1974): Laufställe für Milchvieh. - Mitteilungen der DLG 89(31): 900-902.
- ZEEB, K. & J. BAMMERT (1978): Aktivität und Klima in unterschiedlichen Rinderhaltungssystemen. - In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1977, KTBL-Schrift 233.

# **Biofilter als Bestandteil raumlufttechnischer Anlagen**

**Dorothee Mannebeck und Thomas Hügler**

## **Einleitung**

Die Abluft aus Ställen stellt für das Verfahren Biofiltration einen Spezialfall dar, weil wechselnde Luftraten in Verbindung mit geringer Schadstoffkonzentration und hohem Wasserdampf-Sättigungsdefizit zu bewältigen sind. Anhand ausgewählter Meßergebnisse an Praxisanlagen werden Probleme aufgezeigt und deren Ursachen analysiert. Hierfür werden auch Ergebnisse aus systematischen Messungen an Versuchsanlagen im halbertechnischen Maßstab herangezogen.

## **Grundlagen der Biofiltration**

In der Industrie finden Biofilter eine immer größere Verbreitung, weil sie eine kostengünstige und umweltfreundliche Alternative zu physikalisch-technischen Verfahren darstellen. Dagegen werden in der Landwirtschaft Biofilter wegen der hohen Kosten nur im Ausnahmefall eingesetzt, nämlich dann, wenn der Biofilter als Auflage von der Genehmigungsbehörde vorgeschrieben wird.

Biofilter sind Anlagen zur biologischen Abluftreinigung. Das Kernstück ist eine Schüttung aus organischem Trägermaterial, auf welchem Mikroorganismen siedeln. Die geruchsbeladene Abluft durchströmt das Material, die Inhaltsstoffe werden an der Oberfläche sorbiert und anschließend biologisch abgebaut. Bei reinen Kohlenwasserstoffen entstehen als Endprodukte Kohlendioxid und Wasser, sind außerdem andere Elemente enthalten, wie z. B. Schwefel oder Stickstoff, können als Endprodukte auch anorganische Säuren wie Schwefelsäure und Salpetersäure bzw. deren Salze (Nitrit, Nitrat, Sulfat) entstehen.

Neben dem eigentlichen Filter gehören zu einer Biofilteranlage auch die Abgaszuführung (im Falle der Schweinehaltung die Lüftungsanlage), eine Rohluftkonditionierstation und das Luftverteilssystem. Alle Teile müssen bei der Auslegung sorgfältig aufeinander abgestimmt werden.

---

Anschrift der Autoren: Dipl.-Ing. agr. Dorothee Mannebeck, Dr. agr. Thomas Hügler,  
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-  
Universität Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24118 Kiel, Tel.: 0431/880-2355.

## Besondere Ansprüche einer Lüftungsanlage an einen Biofilter

Die Abluft aus Stalllüftungen ist für Biofilter nicht unproblematisch. Kennzeichnend sind:

- Wasserdampf-Sättigungsdefizit (60-80% rel. Feuchte)
- Staubbelastung
- wechselnde Luftraten
- hohe maximale Luftraten
- geringe Abluftinhaltsstoffkonzentrationen
- ungünstiges C/N-Verhältnis (ca. 1 statt 20)

Ein Biofilter gilt zwar als besonders geeignet für Abgase mit geringer Konzentration, jedoch sind bei dieser Aussage Industrieabgase der Maßstab. Als Obergrenze für biologische Verfahren wird etwa 0,5 bis 1 g/m<sup>3</sup> organisch gebundenem Kohlenstoff (org. C) angegeben. Stallluft enthält i. d. R. weniger als 10 mg/m<sup>3</sup> org. C, also rd. 1/100 dieser Konzentration. Da die Stallluft-Inhaltsstoffe biologisch gut abbaubar sind, wird bei den vorliegenden Konzentrationen und bei üblichen Flächenbelastungen von etwa 300 - 350 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h das biologische Potential des Filters nicht voll ausgeschöpft. Unter diesem Aspekt wären höhere Filterflächenbelastungen (und damit geringere Filterflächen) möglich. Dann muß aber größerer Wert auf die strömungstechnische Gestaltung der Gesamtanlage gelegt werden.

## Lösungsansätze

In der laufenden Forschungsarbeit soll geprüft werden, ob höhere Filterflächenbelastungen bei Biofiltern an Stallanlagen realisiert werden können. Filtermaterialauswahl und bauliche Gestaltung des Biofilters werden auf diese Anforderung abgestimmt.

Verschiedene Filtermaterialien werden auf ihre spezielle Eignung für höchste Filterflächenbelastungen geprüft. Unter diesem Gesichtspunkt erscheinen folgende Materialkennwerte interessant:

- Nährstoffgehalt
- pH-Wert
- besiedelbare Oberfläche
- Wasseraufnahme- und Wasserspeichervermögen
- Regenerierbarkeit
- Gleichmäßigkeit
- Standzeit
- Materialsetzung
- Schüttdichte
- Kanalquerschnitte in der Schüttung

## Aufbau von Biofiltern an Ställen

Im einfachsten Fall (Bild 1) besteht bereits eine Seitenwandentlüftung. Von den Lüftern aus wird die Luft über Rohrleitungen direkt in einen unter dem Filtermaterial befindlichen Druckraum gefördert.

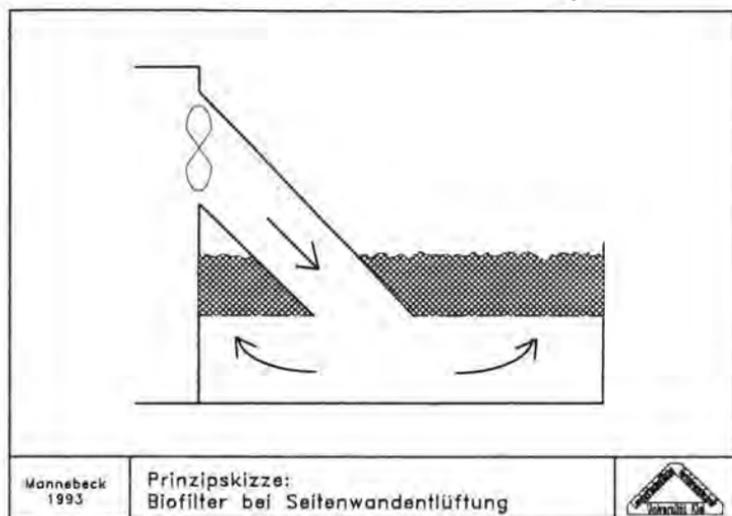


Bild 1: Prinzipskizze - Anschluß des Biofilters bei Seitenwandentlüftung

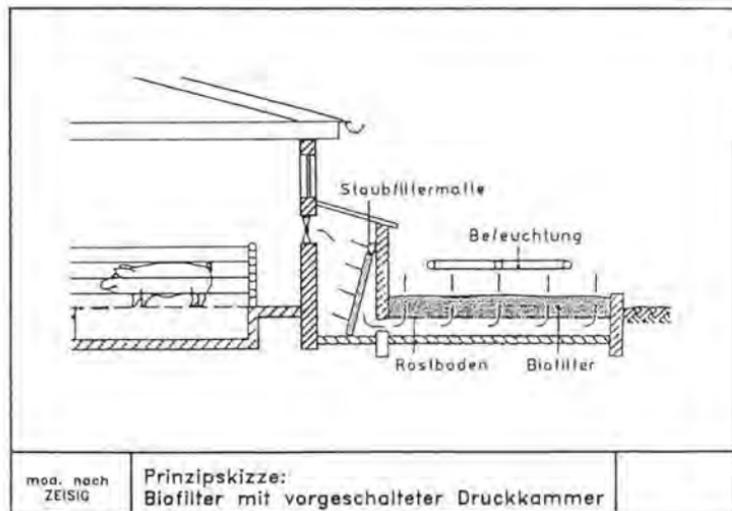


Bild 2: Biofilter mit vorgeschalteter Druckkammer (nach ZEISIG 1989)

Bei einer anderen, sehr verbreiteten Variante (Bild 2) wird zwischen Stallwand und Biofilter eine Druckkammer erstellt, in welcher zur Rohluftkonditionierung eine Staubfiltermatte oder auch ein Sprühwäscher installiert sein kann.

### Problempunkte

Als problematisch erweisen sich für Biofilteranlagen an Schweineställen mehrere Fakten:

- Austrocknung des Filtermaterials
- ungleichmäßige Durchströmung
- mit Materialsetzung einhergehender Druckanstieg
- Ungleichgewicht des C/N-Verhältnisses in der Abluft (relativer N-Überschuß)
- Investitionsbedarf und Betriebskosten

Im folgenden werden die beiden erstgenannten Punkte genauer behandelt.

Messungen an Biofilteranlagen in der Praxis zeigten, daß die Anlagen häufig nur unbefriedigende Reinigungsleistungen erbringen.

Oft ist hier eine mangelhafte Filterbettdurchfeuchtung die Ursache. Häufig sind nur die obersten 10 cm der Schüttung feucht, über dem Rostboden ist das Filtermaterial in der Regel völlig ausgetrocknet. Messungen der Filtermaterialfeuchte an Praxisanlagen ergaben beispielsweise folgende Werte:

Tabelle 1: Wassergehalt in den Filtermaterialschichten

	Betrieb 1 Torf/Reisig	Betrieb 2 Torf/Heide
oben	47,1	70,6
mittig	18,5	53,6
unten	20,0	56,9
Wirkungsgrad (Geruch)	25 %	55 %

Es zeigt sich deutlich, daß, bedingt durch das hohe Wasserdampf-Sättigungsdefizit der Stallluft (60-80% rel. Luftfeuchte), der Filter von unten her austrocknet. Der Biofilter arbeitet damit wie ein Satz Trockner. Auch die Beregnung des Materials kann diesen Effekt nicht ausschalten. Das volle Reinigungspotential des Biofilters wird demnach bei weitem nicht ausgeschöpft, was sich auch in den gemessenen Wirkungsgraden manifestiert.

Ein anderes Problem stellt die ungleichmäßige Durchströmung des Filtermaterials dar. Messungen an der großtechnischen Versuchsanlage des Institutes zeigten, daß die partielle Filterflächenbelastung, gemessen als mittlere Strömungsgeschwindigkeit über einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> stark variiert (Bild 3).

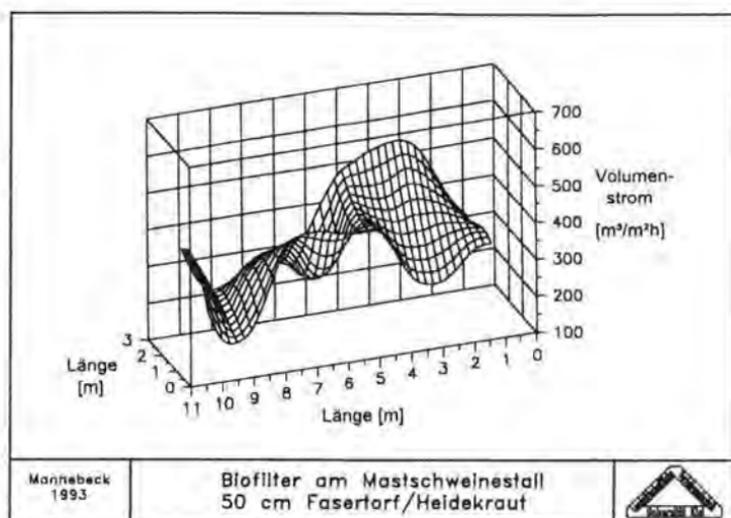


Bild 3: Ungleichmäßige Durchströmung der Filterfläche.

Die Werte liegen in einer Spannweite von 100 - 600  $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ . Der Kennwert "Filterflächenbelastung" ist also mehr ein theoretischer Wert, als ein Maß für die tatsächliche Durchströmung. Einige Stellen im Filter werden zu stark belastet, so daß die erforderliche Verweilzeit nicht eingehalten wird. Zu trockene Rohluft verstärkt das Problem in der Weise, daß diese "Kamine" stärker austrocknen als die weniger durchströmten Stellen, infolgedessen sinkt der Luftwiderstand und die Ungleichmäßigkeit verstärkt sich noch.

Eine Berechnung des Filtermaterials kann diese lokale Austrocknung nicht ausgleichen, weil diese Stellen nicht gezielt befeuchtet werden können.

Es stellt sich nun die Frage, worauf die ungleichmäßige Durchströmung zurückzuführen ist: Ein wichtiger Punkt ist sicherlich, daß das Filtermaterial nie ganz homogen ist. Materialsetzung, auch Schrumpfung und Quellung durch Austrocknung und Wiederaufeuchtung führen weiterhin zu Ungleichmäßigkeiten. Es ist aber auch möglich, daß größere Bereiche des Filters mehr oder weniger angeströmt werden, weil bereits bei der Gestaltung des Luftverteilsystems Fehler gemacht wurden. Dies soll an Ergebnissen von systematischen Messungen im halbtechnischen Maßstab verdeutlicht werden.

### Ergebnisse aus systematischen Messungen im halbtechnischen Maßstab

Für systematische Messungen an verschiedenen Filtermaterialien wurden Biofilter mit einer Filterfläche von 2  $\text{m}^2$  benutzt. Es wurde die Luftgeschwindigkeit über dem Filter gemessen. Bisher mußte dafür der Luftstrom über einer größeren Fläche zusammengefaßt und beschleunigt werden, um in den Meßbereich von Hitzdraht- oder Flügelradanemometern zu kommen. Durch die Anwendung von speziellen Sensoren war es

möglich, die Luftgeschwindigkeit im Bereich von 3 bis 30 cm/s direkt zu messen. Der Meßbereich entspricht einer Filterflächenbelastung von rund 100 bis 1000 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h.

Für die Charakterisierung von Filtermaterialien wurde auf einem Quadrat mit 20 cm Seitenlänge an 25 Punkten die Luftgeschwindigkeit gemessen. Selbst in dieser hohen Auflösung zeigt sich eine große Variabilität in der Luftgeschwindigkeit. Bild 4 zeigt die Ergebnisse einer solchen Messung bei Fasertorf-Heidekraut.

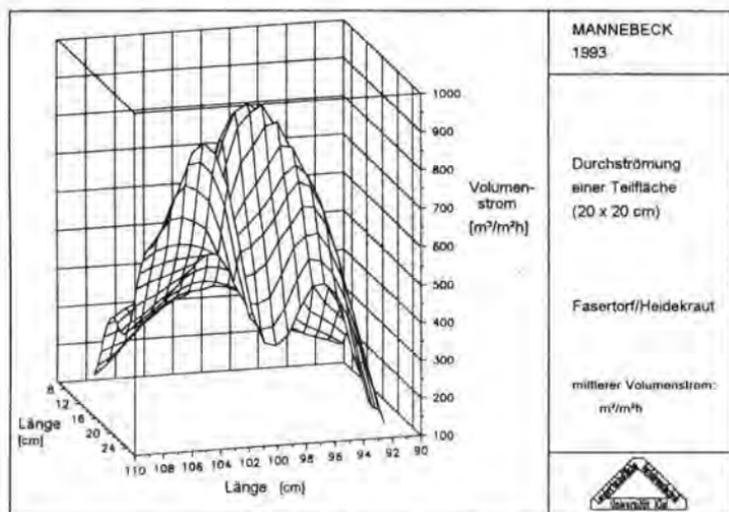


Bild 4: Durchströmung einer 20 x 20 cm großen Fläche über Fasertorf-Heidekraut

Um großräumige Effekte deutlich zu machen wurde über die gesamte Fläche von 2 m<sup>2</sup> ein Raster von 60 Meßpunkten gelegt. Um Unterschiede in der Anströmung des Rostbodens sichtbar zu machen, wurde von jeweils 4 benachbarten Werten der Mittelwert gebildet.

Hier zeigen sich im Strömungsbild die Einflüsse von Luftgeschwindigkeit und Filterwiderstand. Da die in der Landwirtschaft einsetzbaren Filtermaterialien alle nur einen relativ geringe Luftwiderstand bieten, verteilt sich die Luft bei höheren Luftstraten nicht gleichmäßig im Druckraum, sondern es bildet sich ein typisches Strömungsbild aus (Bild 5).

Dieser Effekt vermindert sich, wenn durch entsprechende Luftleitvorrichtungen eine Verwirbelung im Druckraum erzeugt wird (Bild 6), aber auch, wenn ein Filtermaterial mit höherem Luftwiderstand eingesetzt wird (Bilder 7 + 8).

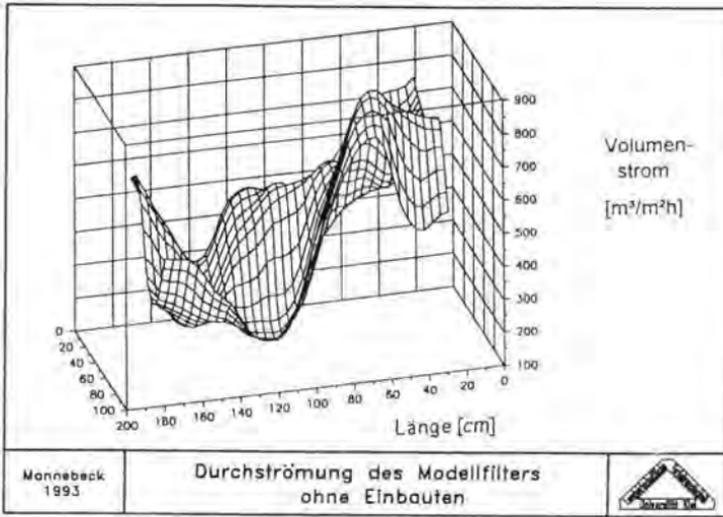


Bild 5: Strömungsbild ohne Einbauten im Druckraum

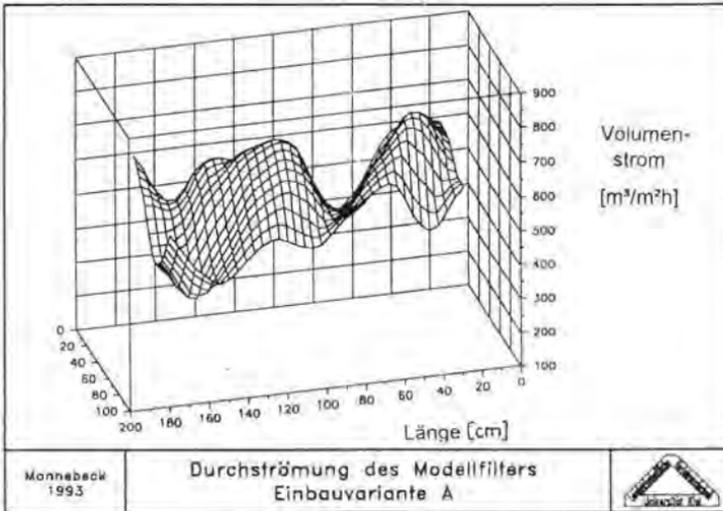


Bild 6: Strömungsbild mit Einbauten im Druckraum

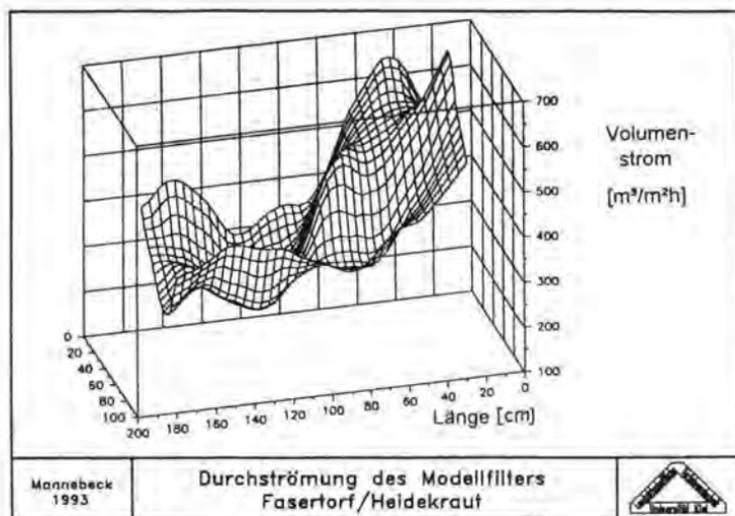


Bild 7: Strömungsbild bei Filtermaterial mit geringem Druckverlust

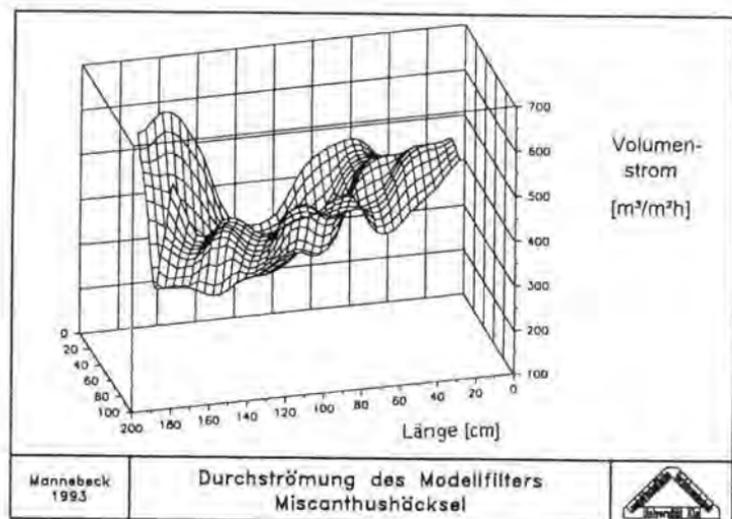


Bild 8: Strömungsbild bei Filtermaterial mit höherem Druckverlust

Aus Sicht der Betriebskosten ist es günstig, ein Filtermaterial zu verwenden, welches einen geringen Luftwiderstand bietet. Dies ist z. B. bei der Anwendung von Holzhäcksel oder Überkorn aus der Kompostierung der Fall. Auch eine frisch aufgesetzte Schüttung aus Fasertorf und Heidekraut erfüllt diese Bedingung. Wenn das Filtermaterial jedoch kaum Luftwiderstand bietet, ist eine gleichmäßige Luftverteilung bei hohen

Luftraten nicht mehr ohne weitere Maßnahmen zu gewährleisten, ein höherer baulicher Aufwand, insbesondere in der Druckkammer (Leitbleche, Prallplatten) wird erforderlich.

### Stofftransport im Filtermaterial

Wenn hohe Filterflächenbelastungen im Biofilter gefahren werden, weil die Stoffkonzentration in der Rohluft sehr gering ist, werden Stofftransportvorgänge zum begrenzenden Faktor für die Reinigungsleistung des Filters. Solange die volle Abbaukapazität der Mikroorganismen noch nicht erreicht wird, findet der Abbau nahezu sofort nach der Sorption im Wasserfilm statt.

Da in den Poren des Biofiltermaterials laminare Strömungsverhältnisse angenommen werden können (SABO 1991), findet Stofftransport quer zur Strömungsrichtung (also vom Zentrum einer Pore bzw. eines Strömungskanal) nur durch Diffusion statt. Daher sind Filtermaterialien mit kleinem Porendurchmesser und damit kurzen Diffusionswegen günstiger als ein sehr grob strukturiertes Material.

### Versuchsanlage im großtechnischen Maßstab

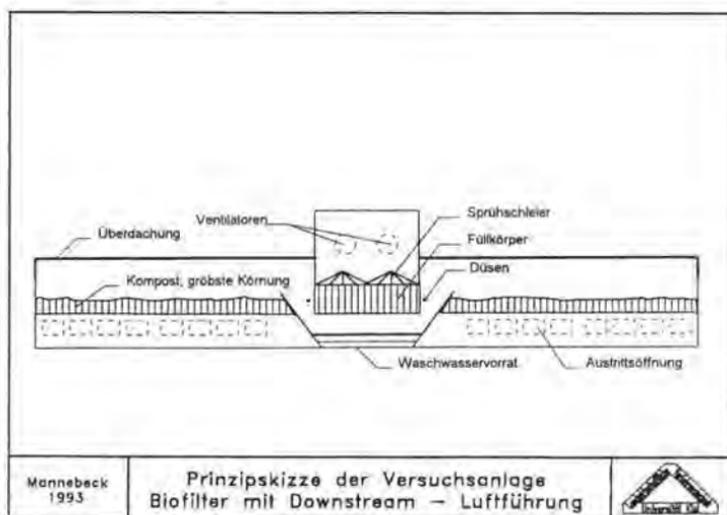


Bild 9: Prinzipische Skizze der Versuchsanlage mit Downstream-Luftführung

Die Versuchsanlage des Institutes für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel wurde auf Downstream-Luftführung umgerüstet (Bild 9). Mittels eines Füllkörperwäschers soll die Rohluft auf >95% angefeuchtet werden. Dies gelingt nach bisherigen Erfahrungen jedoch nicht bei max. Sommerluftrate. Als zusätzliche Befeuchtungseinheit wurden Nebeldüsen (hoher Anteil von Tropfen < 50 µm) in den

Übergang von Luftwäscher zum Filterbett installiert. Eine Beregnung des Filtermaterials soll unterbleiben. Der Vorteil der Nebelinsprühung ist, daß stärker durchströmte Stellen im Filtermaterial auch mit mehr Wasser versorgt werden.

Im Moment wird eine Schüttung von 30 cm Kompost-Überkorn (> 40 mm) eingesetzt. Bei Winterluftrate werden sehr gute Geruchsabbauwerte erreicht (in der Reinluft kein Rohluftgeruch wahrnehmbar). Ergebnisse aus dem Sommerbetrieb liegen noch nicht vor.

Durch die massive Anfeuchtung der Rohluft ist der Wasserverbrauch der Biofilteranlage sehr hoch. Insbesondere bei kühlfeuchter Witterung treten Nebelschwaden aus dem Biofilter hervor. Es sind Versuche zur Wasserrückgewinnung aus der Reinluft über Kondensation geplant.

Weiterhin ist an der derzeitigen Bauform nachteilig, daß die Reinluft bodennah austritt, was aus Immissionsschutzsicht ungünstig zu beurteilen ist. Die Bauform gestattet es aber sehr gut, die Reinluft zusammenzufassen und über einen Kamin abzuleiten.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Aufgrund des hohen Investitionsbedarfes sind für Biofilter an Ställen höhere Filterflächenbelastungen wünschenswert. Die geringe Konzentration der Abluftinhaltsstoffe fördert dies Bestreben. Die Realisierung hoher Anströmgeschwindigkeiten wird erschwert durch den zunehmenden Einfluß aerodynamischer Gesichtspunkte bei steigenden Luftraten. Das Luftverteilsystem muß dahingehend modifiziert werden. Weiterhin werden erheblich höhere Anforderungen an das Filtermaterial gestellt. Ein Material mit gleichmäßig kleinem Porendurchmesser aber dennoch geringem Luftwiderstand muß zum Einsatz kommen.

Bei hohen Luftraten wird es ebenfalls schwieriger, die Filtermaterialfeuchte zu erhalten. Eine Anfeuchtung der Rohluft auf nahe 100% ist nötig. Als weitere Maßnahme führt die Umkehr der Strömungsrichtung (Downstream-Verfahren) zu einer gleichmäßigeren Materialfeuchte.

### **Literatur**

- SABO, F. (1991): Behandlung von Deponiegas im Biofilter. - Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft 47, Erich Schmidt Verlag Bielefeld.
- ZEISIG, H. D. (1989): Reduzierung von Ammoniak-Emissionen aus der Abluft von Intensiv-Tierhaltung. - Landtechnik 44: 393-395.

# Rechnergestützte Klimatisierung in der Tierproduktion

## Entwicklung verfahrenstechnischer und ökonomischer Grundlagen mit Hilfe eines Simulationsmodells

Heinz G. Kopp

### Die Klimatisierung als Produktionsfaktor

In der Tierproduktion vollzieht sich der Produktionsprozeß wesentlich als biologischer Wachstumsprozeß. Zur Sicherstellung des Produktionserfolgs und auch aus ethischen Gründen muß den artenspezifischen Anforderungen an die Haltungsbedingungen entsprochen werden. Hierbei stellt ein tierphysiologisch angemessenes Stallklima einen wesentlichen Teil dieser Haltungsbedingungen dar. Ein angemessenes Stallklima kann bei intensiver Haltungsform in geschlossenen Stallungen nur durch eine gezielte Klimatisierung mit Hilfe spezieller technischer Installationen und baulicher Maßnahmen aufrecht erhalten werden. - Diese grundsätzlichen Zusammenhänge haben z. B. in der DIN 18910 bereits in den 60er Jahren beginnend ihren Niederschlag gefunden.

Zusammen mit den übrigen Haltungsbedingungen stellt die Klimatisierung, neben der qualitativen Beschaffenheit des eingesetzten Tierbestands und der Fütterung, einen wesentlichen Produktionsfaktor dar. Als Produktionsfaktor aber unterliegt sie letztlich ökonomischen Bedingungen und ist somit Teil der Entscheidungsdispositionen des Tierproduzenten.

Die ökonomisch orientierte Entscheidungsaufgabe des Tierproduzenten läßt sich mit zwei Fragestellungen wie folgt charakterisieren:

- Welche klimatisierungsbezogenen baulichen Vorkehrungen und welche Klimatisierungsinstallationen müssen nach Art und Umfang des Produktionsprozesses eingesetzt werden, um längerfristig beste Ergebnisse erzielen zu können?
- Wie sind die vorhandenen Klimatisierungsinstallationen unter den baulichen Gegebenheiten im laufenden Prozeß bei wechselnden klimatischen Situationen und tierphysiologischen Anforderungen konkret einzusetzen, damit bestmögliche Produktionsergebnisse erzielt werden können?

Beide Fragestellungen beinhalten eine Optimierungsaufgabe, erstere in bezug auf die Ausrüstungen (als späterhin fixe Strukturen), letztere in bezug auf die laufende Prozeßführung und -steuerung.

---

Anschrift des Autors: Dr. Heinz G. Kopp, Grüner Weg 7, 61231 Bad Nauheim.

Häufig ist allerdings in der Praxis zu vernehmen, daß offenbar die Komplexität der Problemstellung optimale Lösungen eher zur Ausnahme als zur Regel macht. - Abhilfe scheint daher geboten, neue Überlegungen und Hilfsmittel sollen im folgenden zur Diskussion gestellt werden.

### **Entwicklung eines rechnergestützten Simulationsmodells**

Es erscheint naheliegend, für die oben geschilderte komplexe Aufgabenstellung heute preisgünstig und leistungsfähig angebotene Rechnerintelligenz heranzuziehen. - Erstes Ziel auf diesem Wege sollte sein, die Komplexität der Klimatisierung in der Tierproduktion mit Hilfe einer rechnergestützten Modellbildung so aufzulösen, daß durch eine simulative Auswertung des Modells Erkenntnisse und Erklärungshilfen zum Verhalten der beteiligten Systemkomponenten mit ihren Beziehungen untereinander gewonnen werden können.

Zweites und eigentliches Ziel sollte dann sein - zunächst ebenfalls simulativ - ein Steuerungsverfahren zu entwickeln, das, in einem Prozeßrechner implementiert, für den Betriebsleiter die Aufgabe der optimalen Prozeßführung übernehmen kann.

Es erweist sich für die Modellbildung als zweckmäßig, den Gesamtkomplex der Klimatisierung zunächst nach der Dekompositionsmethode in einzelne überschaubare Teilsysteme so aufzugliedern, daß letztere zum einen in sich geschlossen darstellbar sind und zum anderen ihre Beziehungen untereinander möglichst eindeutig isoliert werden können. Demzufolge waren Teilmodelle zu entwickeln für: Zeitgeber, Wetter, Gebäude, Raumluft, Tierbestand und Klimatisierungsinstallationen. Zu ihrer Beschreibung waren sowohl tierphysiologische als auch thermodynamische und andere physikalisch-technische Aspekte zu berücksichtigen.

Das so gewonnene Gesamtmodell einer klimatisierten Tierproduktion bietet die Möglichkeit, recht eindrucksvoll die Entscheidungsproblematik des Betriebsleiters bei der Klimatisierung am Rechner konkret zu erfahren. Erleichterung kann jedoch sogleich geboten werden, indem durch Zuschalten eines einfachen Steuerungsmodells (ein zusätzliches Teilmodell) z. B. die Luftraten für eine vom Betriebsleiter vorgegebene physiologisch optimale Soll-Temperatur durch Simulation einer Sollwert-Regelung selbsttätig eingestellt werden.

Durch entsprechende Weiterentwicklung des Steuerungsmodells konnte nun das zweite Ziel angegangen werden, nicht nur herkömmliche Steuerungsverfahren der Praxis im Rechner abzubilden, sondern Strategien und konkrete Steuerungsverfahren für eine optimale Prozeßführung zu entwickeln.

### **Entwicklung einer optimalen Prozeßführungs-Strategie**

Ein erste maßgebende Grundlage ist zunächst aus der Tierphysiologie abzuleiten. Unsere Nutztiere - so auch das hier für die Modellbildung herangezogene Schwein - zählen zu den homöothermen Lebewesen. Diese sind bestrebt, in jeder Klima- und

Lebenssituation eine artspezifisch konstante Körperkerntemperatur aufrecht zu erhalten. Gleichzeitig wird jedoch durch die Stoffwechselfvorgänge im Organismus ständig Wärme freigesetzt, die sensibel (d. h. durch Konvektion, Leitung, Strahlung) oder latent über Transpiration und Expiration an die Umgebung abgegeben werden muß. Das Tierindividuum führt somit einen Wärmehaushalt.

Es ist offensichtlich, daß ein ausgeglichener Wärmehaushalt im Sinne eines thermischen Gleichgewichts zunächst überhaupt nur innerhalb eines begrenzten Umgebungstemperatur-Bereichs möglich sein kann. Bei tieferen Temperaturen muß das Tier vermehrt Wärme produzieren, die für die Umsetzung z. B. in Gewichtszuwachs nicht zur Verfügung steht; ferner nimmt es vermehrt Futter auf. Bei höheren Temperaturen unternimmt es zur Wärmeabfuhr zusätzliche Anstrengungen (z. B. Beschleunigung des Blutkreislaufs, Hecheln), die ebenfalls zu Leistungsverlusten führen. Gleichzeitig werden sowohl die Futteraufnahme als auch die Stoffwechselaktivitäten insgesamt verringert.

Die Tierphysiologen haben festgestellt, daß sich eine von der Tierart und dem Körpergewicht abhängige optimale Umgebungstemperatur genau an der Übergangsstelle zwischen sensibler und latenter Wärmeabgabe ergibt. Dort ist der für die Umsetzung in Zuwachs verbleibende Energiebetrag am größten. Diese sogenannte Optimaltemperatur oder auch kritische Temperatur sinkt mit wachsendem Lebensalter bzw. Tiergewicht.

Es steht somit außer Zweifel, daß ein maximales Produktionsergebnis dann erzielt werden kann, wenn ständig so klimatisiert wird, daß die Raumlufttemperatur in Tiernähe der physiologischen Optimaltemperatur entspricht. - Es ist aber andererseits auch offensichtlich, daß die Einhaltung der Optimaltemperatur bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen - an frostkalten Wintertagen oder an heißen Sommertagen - wenn überhaupt, dann vielleicht nur mit erheblichen Kosten zu erreichen ist.

Eine ökonomisch optimale Raumlufttemperatur ergibt sich daher aus der Überlegung, einen Leistungsverlust in der Tierentwicklung (d. h. einen Nutzenverlust) genau soweit zuzulassen wie die Klimatisierungskosten höher sind als der Nutzenverlust.

Als ökonomisch optimale Prozeßführungs-Strategie ergibt sich somit, die Klimatisierung in Richtung auf die physiologische Optimaltemperatur zu jedem Zeitpunkt nur soweit zu betreiben, wie der damit verbundene Nutzenzuwachs aus der Tierentwicklung den Kostenzuwachs übersteigt. Es handelt sich hierbei um die klassische ökonomische Optimalbedingung „Grenzkosten = Grenznutzen“.

Ergänzend sei angemerkt, daß sich zwischen ökonomischer und physiologischer Optimalität insofern kein Widerspruch einstellen kann, als ein Abweichen von der Optimaltemperatur immer auch eine Nutzenminderung zur Folge hat.

## Ergebnisse der Modellauswertung

Ohne hier auf Einzelheiten der Modellbildung weiter eingehen zu können, soll die Wirkungsweise einer ökonomisch optimalen Steuerungsstrategie anhand der Modellauswertung dargestellt werden. Als besonders charakteristisch werden nachfolgend die Verläufe der wichtigsten Systemgrößen über eine Folge von sechs heißen Sommertagen, mit von Tag zu Tag steigenden Außentemperatur-Spitzen um 30 °C, betrachtet.

Bei Verwendung einer herkömmlichen, auf physiologisch optimale Sollwert-Temperaturen eingestellten Lüftungsregelung ergibt sich das in Abb. 1 dargestellte charakteristische Systemverhalten.

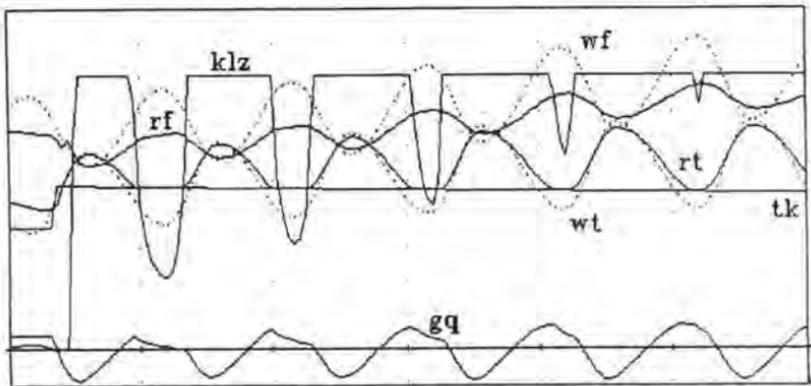


Abb. 1: Lüftung mit Sollwert-Steuerung über 6 Sommertage

Die Raumlufttemperatur „rt“ kann nur während der frühen Morgenstunden bei angepaßt geringerer dosierten Zulufraten „klz“ auf Solltemperatur „tk“ gebracht und gehalten werden. Während der übrigen Zeit folgt die Raumlufttemperatur „rt“ bei maximaler Zulufrate „klz“ weitgehend der Außenlufttemperatur „wf“, bleibt jedoch im Tagesmaximum jeweils darunter. Letzteres ist auf die hier gegenläufig entlastende Wirkung des Gebäude-Wärmedurchgangs „gq“ zurückzuführen. - Zusätzlich dargestellt sind noch die Verläufe der relativen Feuchten der Außen- „wf“ und der Raumluft „rf“.

Im Gegensatz zur eben beschriebenen, hier so bezeichneten „Sollwert-Steuerung“ ergibt sich bei Anwendung der ökonomischen Optimalitätsbedingung nach „Grenzkosten = Grenznutzen“, wofür hier die Kurzbezeichnung „Nutzen-Steuerung“ gewählt wird, ein deutlich anderes Systemverhalten (vgl. Abb. 2):

Vergleicht man den Verlauf der wichtigsten Größen für die Sollwert-Steuerung in Abb. 1 in Kontrast zu den analogen Verläufen für die Nutzen-Steuerung in Abb. 2., so ergeben sich einige markante Unterschiede:

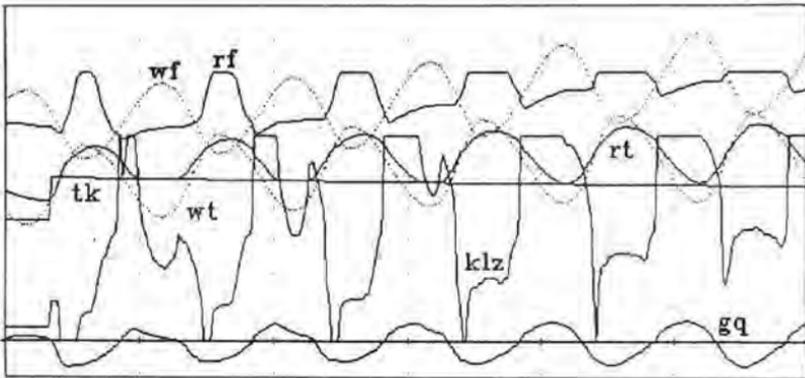


Abb. 2: Lüftung mit Nutzen-Steuerung über 6 Sommertage

Auffallend ist zunächst, daß die Zulufraten „klz“ höchstens die maximale Förderleistung von nur zwei der drei hier im Modell verfügbaren Ventilatoren für relativ kürzere Zeitstrecken beanspruchen. Auffallend ist weiterhin, daß der Luftratenverlauf nur jeweils bei fallenden Außentemperaturen am späten Abend ähnlich ist, bei ansteigenden Tagestemperaturen die Zulufraten dagegen stark verringert oder kurzzeitig ganz eingestellt werden. Dies geschieht bei einerseits entsprechend ansteigenden Außenlufttemperaturen und andererseits gerade solange, wie die günstige Wirkung des gegenläufigen Gebäude-Wärmedurchgangs (aus der Speicherwirkung des Gebäudes) noch genutzt werden kann (die Amplituden des Gebäude-Wärmedurchgang-Verlaufs „gq“ sind deshalb hier auch erkennbar kleiner). Daraus ergibt sich ein gegenüber dem Verlauf bei Sollwert-Steuerung deutlich geringerer Maximalwert der Raumlufttemperatur, wobei die Zeitstrecken, in denen die Optimaltemperatur „tk“ eingehalten werden kann, kaum kürzer sind. Begrenzt wird die Zurücknahme der Luftraten während dieser Zeit durch das Erreichen der vorgegebenen zulässigen Raumluftfeuchte, ggf. auch durch das Erreichen der maximal zulässigen Schadgas-Konzentration (dann Rücknahme nur bis auf die Mindestluftrate).

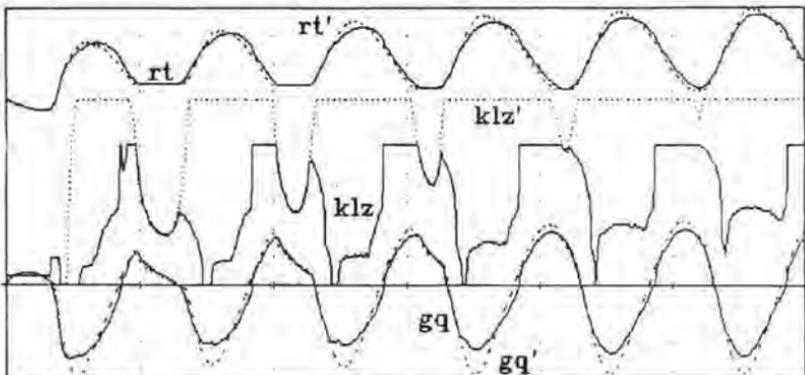


Abb. 3: Überlagerte Darstellung der Verläufe aus Abbildungen 1 und 2 (weggelassen: Wetterverläufe und Solltemperatur)

Um einen direkten Vergleich für die geschilderten Zusammenhänge zu ermöglichen, sind die Verläufe von Temperatur, Luftrate und Gebäude-Wärmedurchgang jeweils für die „Sollwert-Steuerung“ (aus Abb. 1, jedoch gestrichelt) und die „Nutzen-Steuerung“ (Abb. 2) in Abb. 3 überlagert dargestellt.

Um Ganzjahres-Vergleiche anstellen zu können, kann im Modell (trotz laufend erzielter und ökonomisch berücksichtigter Gewichtszuwächse) das Tiergewicht auf einem konstanten Wert festgehalten werden, womit auch die physiologische Optimaltemperatur konstant bleibt.

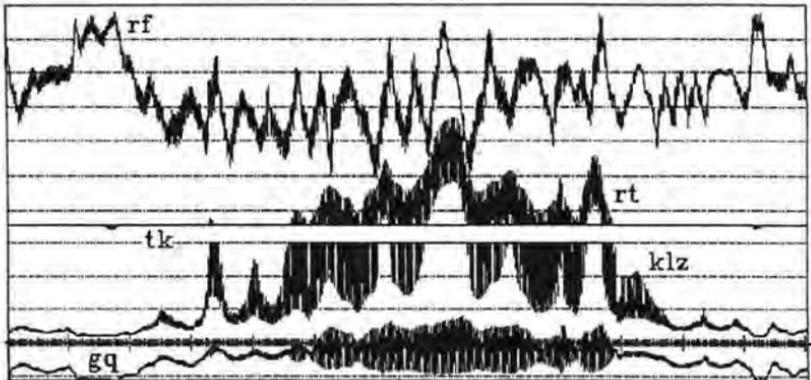


Abb. 4: Ganzjahres-Belüftung mit Sollwert-Steuerung

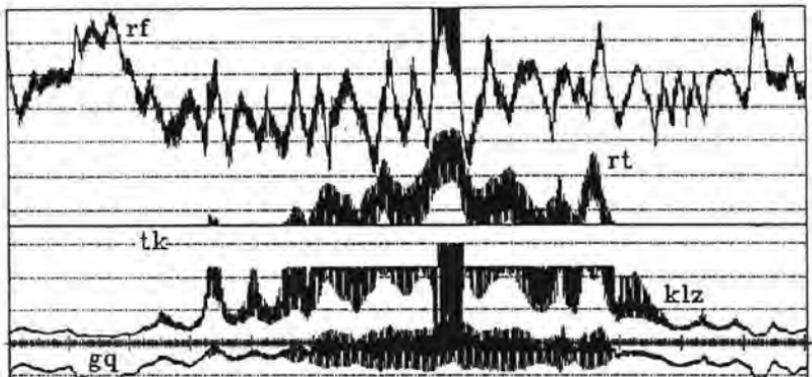


Abb. 5: Ganzjahres-Belüftung mit Nutzen-Steuerung

Vergleicht man die in Abb. 4 dargestellten Ganzjahres-Verläufe bei Sollwert-Steuerung mit denjenigen bei Nutzen-Steuerung in Abb. 5, so bestätigen sich nochmals die schon oben aufgeführten wichtigsten Unterschiede:

- erheblich geringerer Verbrauch an Zuluft bei Nutzen-Steuerung (nur relativ wenige Nutzungstage/-zeiten für den 3. Ventilator)
- deutlich niedrigere Spitzenwerte der Raumlufttemperatur während hochsommerlicher Hitzeperioden

### **Schlußfolgerungen und Ausblick**

Eine Verifizierung der modelltheoretisch nachweisbaren wirtschaftlichen Vorteile der Nutzen-Steuerung im praktischen Betrieb steht noch aus. Zu beachten ist hierbei auch, daß für den Einsatz der Nutzen-Steuerung ein relativ höherer meßtechnischer Aufwand erforderlich ist, vorher also noch einschlägige technische Probleme betriebssicher zu lösen sind.

Im Hinblick darauf, daß die Fütterungskosten bekanntlich etwa die Hälfte der Gesamtkosten in der Schweinemast ausmachen, bedürfen die Zusammenhänge zwischen Klimasituation und Futterdosierung noch einer spezifisch praxisherechten Berücksichtigung, da im Modell nicht zu diskreten Zeiten, sondern nur kontinuierlich gefüttert wird. Modelltheoretisch problemlos zu realisieren war der Ansatz einer Nutzenminderung durch eine verlängerte Prozeßdauer aufgrund verringerter Futteraufnahme bei zu hoher Raumlufttemperatur; ebenso die Kompensation zu niedrigeren Temperaturen durch vermehrte Futteraufnahme. In der Modellauswertung lassen sich im übrigen nicht unerhebliche Verluste durch eine nicht an die jeweilige Klimasituation angepaßte Futterdosierung nachweisen.

Der allgemeinen Praxis folgend wird im Modell allein auf die Temperatur als energetischer Bestimmungsgröße physiologischer Optimalität abgestellt, wogegen andere Größen, wie z. B. die relative Luftfeuchte, nur als Restriktionen berücksichtigt sind. Sollten hierzu andere neue physiologische Erkenntnisse gewonnen werden, ist das Optimierungsverfahren entsprechend anzupassen.

Während soweit bereits die Wesensmerkmale einer rechnergestützten, ökonomisch optimierten Gesamt-Prozeßsteuerung im Sinne der eingangs genannten Aufgabenstellung und Zielsetzung erkennbar sind, bleibt noch, auf die dort ebenfalls gestellte Frage nach der Strukturoptimierung einzugehen.

Hierzu muß zunächst einschränkend bemerkt werden, daß zwar in der Modellauswertung zur Prozeßsteuerung mit möglichst realitätsnahen Daten und zur Nutzenermittlung auch mit Preisen gerechnet wurde, daß aber noch eine vertiefte Daten- und Modellvalidation in bezug auf die Abbildungsgenauigkeit erfolgen muß, bevor auch konkrete quantitative Rückschlüsse für die Realität vorgenommen werden können.

Erst dann kann das Gesamtmodell herangezogen werden, um durch systematisches Probieren für konkrete praktische Gestaltungsaufgaben z. B. die optimale Klimatisierungsinstallation oder Gebäudeausführung zu ermitteln. Hierbei ist eine Vergleichsmöglichkeit allerdings erst dadurch gegeben, daß alle simulierten Prozesse eine ökonomische Optimierung erfahren haben.

### **Literatur**

- KOPP, H. G. (1991): Rechnergestützte Klimatisierung in der Tierproduktion. Entwicklung verfahrenstechnischer und ökonomischer Grundlagen mit Hilfe eines Simulationsmodells. - Dissertation, Universität Gießen (MEG-Schrift 201). Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen.

# **Vernetzung von Betriebscomputer und Prozeßrechner - Aufgabenverteilung, Konzepte und Realisierung in der Tierhaltung**

**Georg Wendl, Franz Wendling und Georg Fröhlich**

## **1. Einleitung**

Die Elektronik deckt in der Tierhaltung einen weiten Aufgabenbereich ab, der sich von der einfachen Steuerung eines Aktors (z. B. Dosierschnecke) bis hin zur kompletten Automatisierung eines Prozesses (z. B. Mastschweinefütterung) erstreckt. In der Milchviehhaltung ist bisher der weitestgehendste Einsatz verwirklicht, da neben dem Bereich "Fütterung" auch der Bereich "Leistungserfassung" schon realisiert ist. Von den für die Praxis verfügbaren Verfahren sind der Kraftfutterabruftautomat für Milchkühe und die Flüssigfütterungsanlage für Mastschweine am weitesten verbreitet (je ca. 7000 Anlagen). Weit über 50 % der möglichen Betriebe verfügen über diese Technik. Auch der rechnergesteuerte Kälbertränkeautomat wird schon vielfach eingesetzt (ca. 4000 Anlagen).

In diesem Beitrag wird aufgezeigt, wie sich die Prozeßtechnik im Laufe der letzten 20 Jahre von kleinen Insellösungen hin zu komplexen Verbundlösungen zwischen Prozeßrechner und Betriebscomputer entwickelt hat, wie marktgängige Systeme schematisch aufgebaut sind und welche Entwicklungen sich abzeichnen.

## **2. Allgemeine Entwicklungen in der Prozeßautomatisierung**

Da die landtechnische Prozeßtechnik nicht losgelöst ist von der Prozeßautomatisierung in der Industrie, sollen einige allgemeine Entwicklungen aus diesem Bereich kurz aufgegriffen werden. In der industriellen Prozeßautomatisierung

---

Anschrift der Autoren: G. Wendl, F. Wendling, G. Fröhlich, Landesanstalt für Landtechnik, TU München, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising-Weißenstephan.

werden z. Z. sogen. CIM-Konzepte (Computer Integrated Manufacturing) stark diskutiert. CIM-Konzepte streben an, alle produktionstechnischen Informationen vom Entwurf bis zum Vertrieb der Produkte systematisch zusammenzuführen und die bestehenden Insellösungen zu vernetzen. Auf drei Entwicklungen, die auch für die landwirtschaftliche Prozeßtechnik von Bedeutung sind, wird kurz eingegangen:

- Dezentralisierung
- Übergang zu Bussystemen
- Einsatz des PC in der Prozeßsteuerung.

Werden heute noch meist zentral strukturierte Automatisierungssysteme eingesetzt, so geht der Trend eindeutig in Richtung dezentrale Systeme (Abb. 1). Diese sind dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßfunktionen nicht mehr nur von einem Hauptrechner (Master) gesteuert werden, sondern auf mehrere intelligente Busteilnehmer verteilt sind, die als funktionsfähige Subsysteme agieren. Die Vorteile dezentraler Systeme sind:

- größere Ausfallsicherheit
- höhere Verfügbarkeit
- teilweise autonome Subsysteme
- geringere Anforderungen an Master
- geringere Komplexität der Software für Master
- geringere Busbelastung
- modularer Aufbau.

Grundvoraussetzung für funktionierende CIM-Lösungen ist ein durchgängiger Datenverbund von der Aktor-/Sensorebene bis zur Leitebene (Abb. 1). Bussysteme sind für diese Aufgabenstellung hervorragend geeignet. Bei diesen sind alle Kommunikationspartner über einen gemeinsamen Übertragungsweg miteinander verbunden. Der Vorteil gegenüber Sternverkabelungen liegt darin, daß der Aufwand für die Verkabelung, die Installation und Wartung sowie die

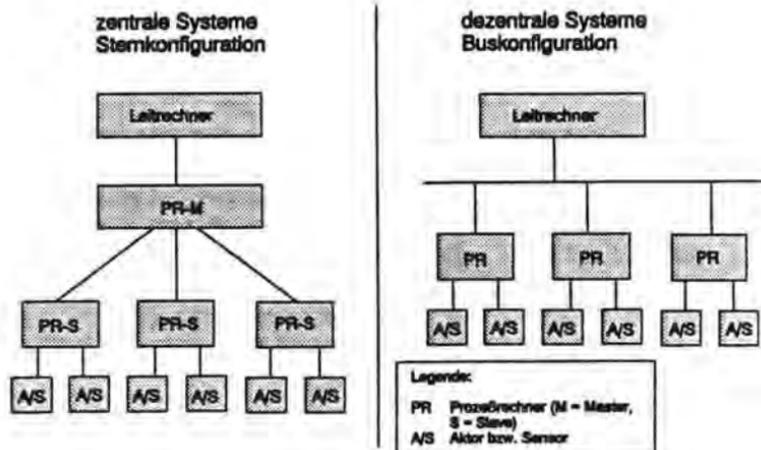


Abb. 1: Schematischer Aufbau von Prozeßsteueranlagen

Gefahr potentieller Fehlerquellen durch große Kabellängen wesentlich verringert wird. Außerdem ist eine Erweiterung des Systems um weitere Prozeßrechner einfacher möglich.

Der große Markterfolg des vielseitig einsetzbaren Personal Computers führte zu Preisen für die PC-Technik, die nur mehr Bruchteile der Preise von vor 10 Jahren betragen. Die PC-Technik wird deshalb mehr und mehr auch in der Prozeßsteuerung in Form von Industrie-PC in den unterschiedlichsten Ausführungen eingesetzt und verdrängt zunehmend eng spezialisierte Prozeßrechner. Die Vor- und Nachteile des PC-Einsatzes in der Prozeßtechnik sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Werden die zweifelsohne vorhandenen Nachteile des Standard-PC durch geeignete Maßnahmen (z. B. Filter, unterbrechungsfreie Stromversorgung, Watchdog usw.) beseitigt oder abgemildert, so spricht nichts gegen den Einsatz des PC für die eigentliche Prozeßsteuerung.

Tab. 1: Vorteile und Nachteile des PC-Einsatzes in der Prozeßtechnik

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis</li> <li>■ hohe Stückzahlen</li> <li>■ herstellerunabhängiger Standard</li> <li>■ offene Schnittstellen</li> <li>■ modularer Aufbau</li> <li>■ breites und vielfältiges Angebot</li> <li>■ viele Einsatzbereiche</li> <li>■ komfortable Programmierertools</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ störanfällig (Qualität der Komponenten)</li> <li>■ nicht für Dauerbetrieb geeignet</li> <li>■ mangelnde mechanische Belastbarkeit</li> <li>■ empfindlich gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen (Staub, Hitze, Feuchtigkeit)</li> <li>■ eingeschränkte Betriebsbedingungen (Büroumgebung)</li> <li>■ schlechte Abschirmung, schlechte elektrische Entkopplung</li> </ul>

### 3. Entwicklungsstufen der Prozeßtechnik in der Tierhaltung

Prozeßsteuerungssysteme in der Tierhaltung haben seit ihrer Einführung in den 70-er Jahren schrittweise eine Änderung im Aufbau und Funktionsumfang erfahren. Konnten vor ca. 20 Jahren ausschließlich Insellösungen realisiert werden, so wird heute mehr und mehr die Verbundlösung eingesetzt (Abb. 2).

Insellösungen sind dadurch gekennzeichnet, daß ein in sich abgeschlossenes Prozeßsteuerungssystem ohne Verbindung zur Außenwelt für eine definierte Aufgabenstellung herangezogen wird und einen Prozeß autonom bedienen kann. Im Laufe der Entwicklung wurden dem Prozeßrechner aber immer mehr Managementaufgaben übertragen. Gleichzeitig führte die allgemeine Entwicklung im Elektronikbereich zu sehr stark sinkenden Preisen für PC, so daß sich bald die Frage stellte, warum nicht für die Managementaufgaben ein Standard-PC verwendet werden sollte und der Prozeßrechner sich nur auf die eigentlichen Steuerungsaufgaben beschränken sollte.

Die Vorteile, die eine derartige Verbundlösung verspricht, führten dazu, daß der Hauptprozeßrechner mit dem Betriebscomputer gekoppelt wurde. Der Betriebs-

rechner ist in dieser Lösung nicht für die eigentliche Steuerung des Prozesses zuständig, sondern übernimmt nur zusätzliche, zeitungebundene Managementaufgaben (Terminalemulation, Datensicherung, Datenverwaltung, Kalkulation, usw.). Meist werden hierfür die von der Insellösung her bekannten Prozeßrechner ohne größere Änderungen eingesetzt.

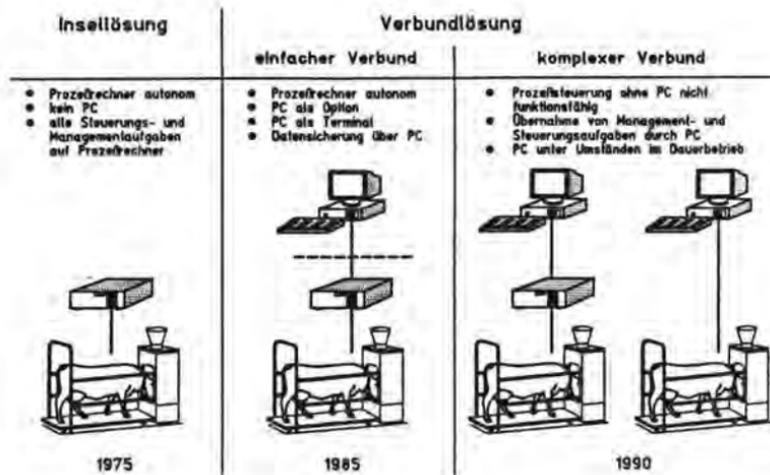


Abb. 2: Entwicklungsstufen für den Einsatz des Personal Computers in der Prozeßsteuerung

Die große Marktdurchdringung des PC sowie die guten Erfolge beim Einsatz des PC in der industriellen Prozeßsteuerung und Meßtechnik führen momentan dazu, daß manche Hersteller landwirtschaftlicher Prozeßtechnik diese allgemeinen Trends umsetzen bzw. schon umgesetzt haben und den PC direkt in die Prozeßsteuerung einbinden. Konsequenz daraus ist, daß die Prozeßsteuerung ohne PC nicht mehr funktionsfähig ist. Dies kann sogar soweit gehen, daß ein 24-stündlicher Dauerbetrieb des PC notwendig wird.

Daß landwirtschaftliche Prozeßsteuerung ohne PC-Einsatz nicht mehr denkbar ist, darüber herrscht allgemeines Einverständnis. Die Art und Weise, wie der PC in die Prozeßsteuerung eingebunden ist, unterscheidet sich jedoch beträchtlich

(Abb. 3). Verfahren 1 stellt eine einfache Verbundlösung dar, bei der der PC nur zusätzliche Managementfunktionen übernimmt und bei der eine Kopplung zum Prozeßrechner als Option möglich, aber nicht notwendig ist.

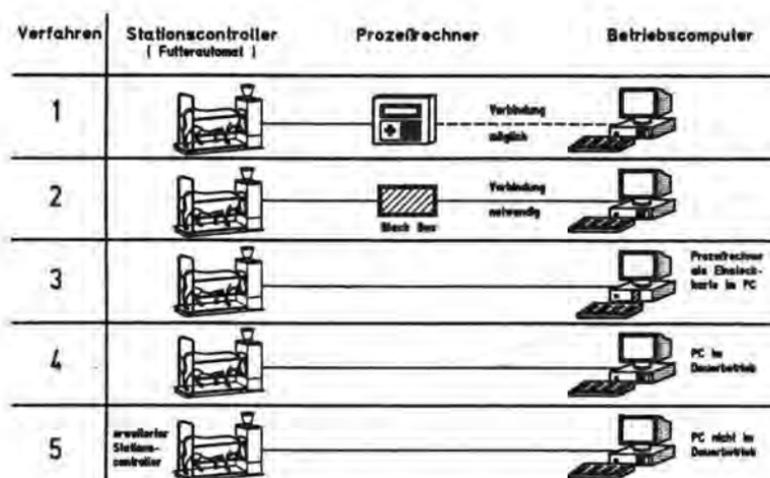


Abb. 3: Einbindung des Betriebsrechners in die Prozeßsteuerung

In Verfahren 2 wird aus Kostengründen auf alle Eingabe- und Ausgabemöglichkeiten auf dem Prozeßrechner verzichtet (kein Display und Tastatur, sogen. Black Box) und die Kommunikation des Landwirts mit dem Prozeß über den PC abgewickelt. Die eigentliche Steuerung des Prozesses erfolgt nach wie vor durch einen autonomen Prozeßrechner, nur die Kommunikation erfolgt über den PC.

Die Integration geht im Verfahren 3 noch etwas weiter, in dem die sogen. Black Box von Verfahren 2 als Zusatzsteckkarte in den PC eingebaut wird. Da diese Steckkarte über eine eigene Stromversorgung verfügt, ist ein Dauerbetrieb des PC für die eigentliche Prozeßsteuerung nicht notwendig. In ihrem prinzipiellen Funktionsumfang unterscheiden sich Verfahren 2 und 3 kaum.

Diente der PC in Verfahren 1 bis 3 in erster Linie als komfortables Terminal für den Prozeßrechner bzw. als Managementcomputer, so greift der PC in Verfahren 4 direkt in die Steuerung des Prozesses ein. Dies bedeutet, daß auf dem PC ständig ein entsprechendes Steuerprogramm ablaufen muß. Damit der PC auch noch für andere Bereiche verwendet werden kann, wird unter dem Betriebssystem MS-DOS ein sogenanntes TSR-Programm (Terminate and Stay Resistent) verwendet oder als bessere Lösung ein Multitasking-Betriebssystem eingesetzt.

Die bisherigen Verfahren 1 bis 4 haben gemeinsam, daß ein zentraler Hauptprozeßrechner vorhanden ist (im Verfahren 4 ein PC), der als Master für die Steuerung der untergeordneten Controller zuständig ist (zentrales System). Verfahren 5 dagegen verlagert etwas Intelligenz in die Stationscontroller vor Ort und befähigt diese, für eine gewisse Zeit autonom zu arbeiten. Dadurch wird der Hauptprozeßrechner im ursprünglichen Sinn überflüssig und eine dezentrale Konfiguration ermöglicht. Da der PC, wie in Verfahren 1 bis 3, nur als Eingabestation und Managementcomputer dient, ist ein Dauerbetrieb des PC nicht notwendig.

Aus der Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der jeweiligen Verfahren (Tab. 2) wird deutlich, daß Verfahren 5 zwar höhere Anforderungen an die Stationscontroller stellt, hinsichtlich Betriebssicherheit und Modularität aber entscheidende Vorteile hat.

#### **4. Praktische Beispiele für die Realisierung einzelner Verfahren**

Nach den mehr grundlegenden Betrachtungen sollen nachfolgend an 4 Realisierungsbeispielen die wesentlichen Unterschiede zwischen den Fabrikaten kurz vorgestellt werden.

Tab. 2: Vorteile und Nachteil der unterschiedlichen Verfahren der PC-Integration in die Prozeßtechnik

Verfahren	Vorteile	Nachteile
optionaler PC	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ mehrere Eingabestationen</li> <li>■ autonomes System ohne PC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ zentral gesteuert</li> <li>■ redundante Programmteile (Managementteil auf Prozeßrechner)</li> <li>■ niedrige Integrationsstufe</li> </ul>
Black Box	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ autonomes System ohne PC</li> <li>■ Preisvorteil gegenüber Verfahren 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ nur eine Eingabe- und Ausgabemöglichkeit</li> <li>■ keine Eingabemöglichkeit im Stall</li> <li>■ Nachteile wie Verfahren 1</li> </ul>
PC-Steckkarte	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Integration des Prozeßrechners in den PC</li> <li>■ autonomes System</li> <li>■ Preisvorteil gegenüber Verfahren 1+2</li> <li>■ konsequente Weiterentwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nachteile wie Verfahren 1+2</li> </ul>
PC als Prozeßrechner	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ weniger Hardware</li> <li>■ Preisvorteil gegenüber Verfahren 1+2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ zentral gesteuert</li> <li>■ keine Eingabemöglichkeit im Stall</li> <li>■ PC im Dauerbetrieb notwendig</li> <li>■ Sicherheitsmaßnahmen für PC notwendig</li> <li>■ Ausfall des Gesamtsystems bei Defekt an PC</li> </ul>
intelligente Stationscontroller (dezentral)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ dezentral gesteuert</li> <li>■ hohe Betriebsbereitschaft</li> <li>■ modularer Aufbau</li> <li>■ herstellerunabhängig bei genormter Schnittstelle</li> <li>■ geringer Verkabelungsaufwand</li> <li>■ PC keine Steuerungsaufgaben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ intelligente Stationscontroller notwendig</li> <li>■ Bussystem erforderlich</li> </ul>

## **4.1 Zentral gesteuerte Prozeßtechnik**

Alle heute in der Tierhaltung eingesetzten Prozeßsteuerungsanlagen werden i. d. R. zentral von einem Hauptprozeßrechner gesteuert und verwaltet. Die einzelnen Realisierungen unterscheiden sich jedoch hinsichtlich des strukturellen Aufbaus.

### **4.1.1 Zentral gesteuertes, hierarchisch aufgebautes System mit oder ohne Prozeßrechner**

Abbildung 4 zeigt im schematischen Aufbau die herkömmliche Form eines von einem Hauptprozeßrechner zentral gesteuerten, hierarchisch aufgebauten Systems für die Milchviehhaltung. Der Hauptprozeßrechner als Insellösung, ausgestattet mit Terminal und Drucker, oder als einfache Verbundlösung mit PC-Anschluß steuert als Master die untergeordneten Stationen (Slaves).

Der hohe technische Aufwand für den Hauptprozeßrechner incl. Terminal und Drucker führte dazu, daß dieses System durch ein PC-gesteuertes System (Abb. 5) abgelöst wurde. Die Aufgaben des bisherigen Hauptprozeßrechners werden nun von einem Standard-PC übernommen, der mit speziellen Einsteckkarten ausgerüstet ist. Vom Hersteller wird aus Sicherheitsgründen für den PC ein Spannungskonstanthalter bzw. eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) empfohlen.

Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit dieses Systems ist, daß auf dem PC entweder im "Hintergrund" oder unter einem Multitasking-Betriebssystem ständig eine spezielle Steuerungssoftware abläuft. Da dieses System sicherlich anfälliger gegenüber Benutzerfehlern ist, sollte der PC in erster Linie für die Prozeßsteuerung und erst in zweiter Linie für sonstige Aufgaben verwendet werden, weil sonst eine störungsfreie Steuerung des Prozeßgeschehens nicht gewährleistet werden kann.

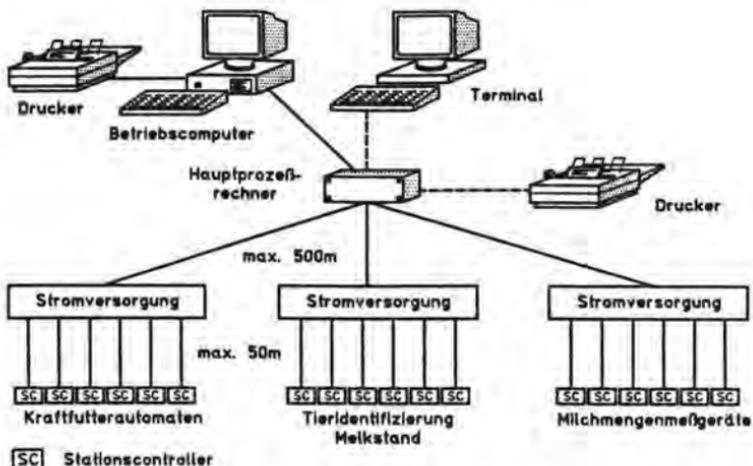


Abb. 4: Schematischer Aufbau eines zentral gesteuerten, hierarchisch aufgebauten Prozeßsteuerungssystems (Beispiel: Milchviehhaltung, Westfalia Codatron80)

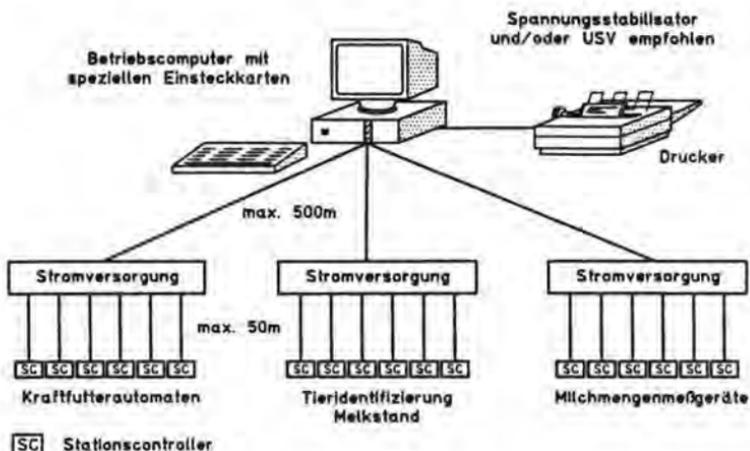


Abb. 5: Schematischer Aufbau eines zentral gesteuerten, hierarchisch aufgebauten Prozeßsteuerungssystems (Beispiel: Milchviehhaltung, Westfalia Codatron DP)

#### **4.1.2 Zentral gesteuertes System mit Bustechnologie**

In der modernen Datenkommunikation werden zunehmend Bussysteme eingesetzt, die ältere Verkabelungsstrukturen ersetzen. Auch in der stationären Prozeßtechnik finden bereits Bussysteme ihre Anwendung, wobei neben reinen herstellerspezifischen Lösungen z. T. auch Standards für die physikalische und/oder protokollarische Schnittstelle verwendet werden (z. B. RS 485, CAN-Bus incl. CAN-Protokoll).

Ein von einem Hauptprozeßrechner zentral gesteuertes System ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Stationscontroller sind nicht mehr sternförmig, sondern in Busform mit dem Hauptprozeßrechner verbunden. Der Hauptvorteil gegenüber Lösung von 4.1.1 liegt darin, daß der Hauptprozeßrechner nur eine Schnittstelle zu beliebig vielen Stationscontrollern benötigt (geringer Verkabelungsaufwand) und zusätzliche Busteilnehmer angebunden werden können, ohne daß die Hardware des Hauptprozeßrechners verändert werden muß. Allerdings ist der Softwareaufwand für die Kommunikation der Busteilnehmer untereinander aufwendiger.

#### **4.2 Dezentral gesteuerte Prozeßtechnik**

Zukunftsweisende Konzepte in der Prozeßautomatisierung gehen den Weg in Richtung konsequenter Dezentralisierung. An der Landtechnik Weihenstephan wurde ein derartiges Konzept entwickelt und realisiert. Abbildung 7 zeigt den schematischen Aufbau einer Futterabrufanlage für Pferde in Laufstallhaltung. Das System geht von autonom arbeitenden Stationscontrollern aus, die untereinander und mit dem Betriebscomputer über ein serielles Bussystem (RS 485) verbunden sind. Die bisherige Zentralisierung der Steuerungsaufgaben auf dem Hauptprozeßrechner entfällt, da dessen Aufgaben auf die Stationscontroller so verteilt werden, daß die Stationscontroller für eine gewisse Zeit autark arbeiten können. Die Stationscontroller bilden komplett funktionsfähige Subsysteme, denen alle notwendigen Sensoren und Aktoren zugeordnet sind.

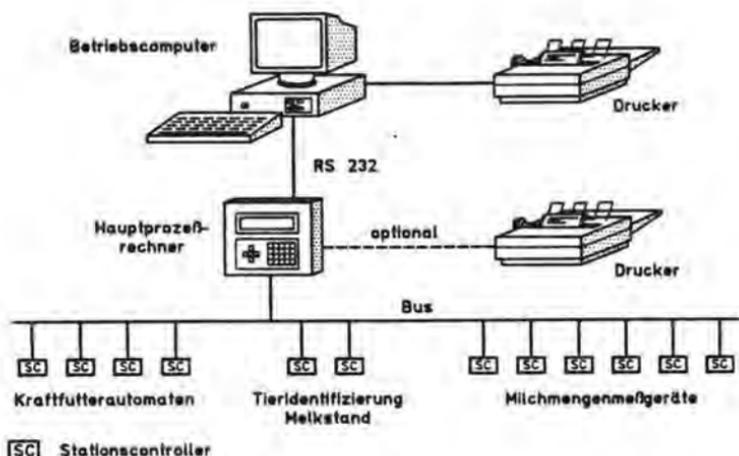


Abb. 6: Schematischer Aufbau eines zentral gesteuerten Prozeßsteuerungssystems in Bustechnik (Beispiel: Milchviehhaltung, Alfa-Laval ALPRO)

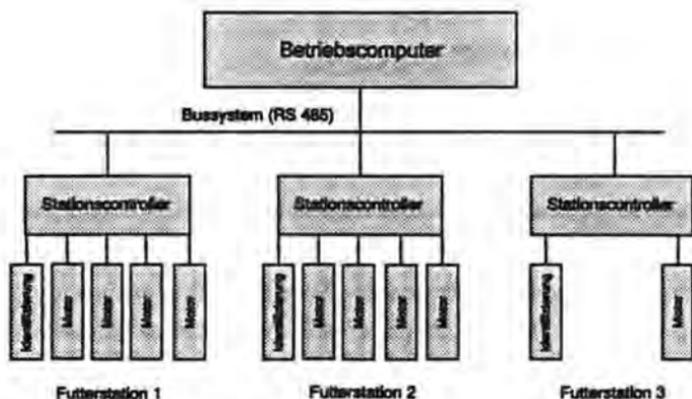


Abb. 7: Schematischer Aufbau eines dezentral gesteuerten Prozeßsteuerungssystems in Bustechnik (Eigenentwicklung für Pferdehaltung im Laufstall)

Ein Dauerbetrieb des PC ist nicht notwendig, da der PC nur als Eingabeterminal für die Stationscontroller und als Managementcomputer dient. Jeder Busteilnehmer kann selbständig auf den Bus zugreifen (Multi-Master) und Meldungen an alle Teilnehmer versenden, die die für sie wichtigen Meldungen aus dem Datenstrom herausfiltern. Aufgrund des Wegfalls des Hauptprozeßrechners kommt es zu einer Verbilligung und zu einem modulareren Aufbau des Gesamtsystems. Die Betriebssicherheit des Gesamtsystems nimmt zu, da bei Ausfall eines Stationscontrollers oder des PC die Funktionsfähigkeit des übrigen Systems erhalten bleibt.

Der Aufbau von dezentralen Systemen erfordert genormte Schnittstellen für die Datenübertragung. Um komplexe Systeme mit Komponenten von unterschiedlichen Herstellern aufbauen zu können, ist die Standardisierung der Schnittstellen notwendig. Die bisherigen nationalen und internationalen Standardisierungsbemühungen für die mobile und stationäre Prozeßtechnik müssen weiter vorangetrieben werden.

## **5. Zusammenfassung**

Der Einsatz der Elektronik in der Tierhaltung ist schon weit verbreitet. Vor allem Kraftfutterabrufanlagen für Milchkühe und Fütterungsanlagen für Mastschweine werden in weit über 50 % der möglichen Betriebe eingesetzt. Der Aufbau der vorhandenen Systeme und die Einbindung des Betriebscomputers in die Prozeßtechnik unterscheiden sich jedoch deutlich. Zukunftsweisende Entwicklungen verlassen die bisherige Zentralisierung auf den Hauptprozeßrechner und bevorzugen dezentrale Systeme.

## Literaturverzeichnis

- FREES, W. (1992): Feldbus unterstützt dezentrales Steuerkonzept. - Elektronik plus, Sonderheft Automatisierungspraxis (1): 7-81.
- N. N. (1992): Was ist ein Industrie-PC? - Markt & Technik (8): 80.
- N. N. (1993): Produktbeschreibungen und Angaben der Firmen *Alfa-Laval, Biotronik, Förster, Impulsa, Lemmer-Fullwood, Westfalia Separator*.
- N. N. (1993): VXI in „Volksausgabe“, PC-kompatible Variante zu den etablierten Bussystemen. - Elektronik (1): 80-82.
- ULIG, R & K. EBACH (1993): smart can: ein Controller-Netzwerk für die Fertigung. - Elektronik (4): 48-56.
- WENDL, G. (1991): Rechnergesteuerte Produktionshilfen in der Milchviehhaltung - Möglichkeiten und Nutzen. - Tagungsband der Landtechnik Weihenstephan (1): 63-78.

## **Gruppenbildung im Rein-Raus-Verfahren im Abferkelstall und Multisuckling sind kein Widerspruch - Lösungsvariante für Altgebäude -**

**Guido Klement und Hans-Peter Schwarz**

Tierschutzaufgaben in der Schweinehaltungsverordnung begrenzen die Anwendung der Einzelhaltung von Sauen ohne Auslauf und führten infolgedessen in jüngster Zeit zu Entwicklungen, die eine tierangepaßte Stallhaltung von Sauen und Ferkeln in Gruppen ohne Verringerung der Aufzuchtleistung ermöglichen.

### **Multisuckling**

Die Zusammenarbeit mit einem Landwirt, der Stall, Tiermaterial, und Futter für die Versuche zur Verfügung stellte, ermöglichte die Durchführung dieser Experimente. Der erste Versuch begann im Mai 1990 mit der Auswahl von 24 Jungsauen einer Hybridlinie. Die Tiere wurden durch täglichen Eberkontakt und durch Futterentzug gemeinsam zur Rausche gebracht, ohne daß zusätzlich Hormone appliziert werden mußten. Es konnten 22 Jungsauen besamt werden, von denen 16 nach dem ersten Belegen tragend wurden. Aus Platzgründen konnten nur 14 Abferkelbuchten aufgestellt werden.

Bei einer Grundfläche von 80 m war der Stall 16 m lang und 5 m breit. Die Station stand in einer Stallecke, parallel zu einer kurzen Wand. Dadurch ergab sich vor der Station genügend Platz für die Tiere zum Ausweichen, wenn Rangeleien beim Warten auf den Stationszutritt entstanden. Eine Aufstellung der Station mit Fluchtraum auf beiden Seiten des Stationseingangs ist zwar empfehlenswert, ließ sich jedoch wegen der vorgegebenen Flächenaufteilung nicht verwirklichen. Der Produktionszyklus in der Ferkelerzeugung gliedert sich nach der Jungsauenaufzucht in die Bereiche Rausche und Besamung, Trächtigkeit, Geburt und Laktation. Grundsätzlich ist die Raumaufteilung weitgehend unabhängig von dem Gebäudegrundriß. Für die Phasen Jungsauenaufzucht, Besamung und Trächtigkeit ist noch keine besondere Aufteilung der Stallfläche nötig.

Um den Sauen vor dem Abferkeln die Möglichkeit zu geben sich an die Abferkelbuchten zu gewöhnen sollen diese am ca. 106. Trächtigkeitstag aufgebaut werden. Die Buchten hatten eine Abmessung von 1,40 m \* 1,80 m und lagen der Station gegenüber. Die Buchten waren entlang der Längswände des Stalls angebracht, dazwischen lag ein 1,40 m breiter Mittelgang, der den Zugang zu den Buchten erlaubte. Dieser Gang muß mindestens so breit sein, daß zwei Sauen einander passieren können ohne sich gegenseitig zu behindern.

---

Anschrift der Autoren: Dipl.-Ing. agr. Guido Klement, Dr. Hans-Peter Schwarz, Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität, Braugasse 7, 35390 Gießen.

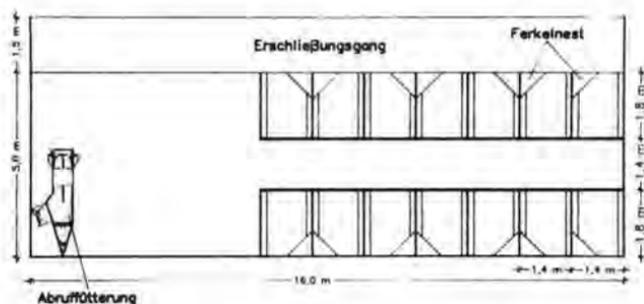


Abb. 1: Raum- und Funktionsplan im Multisuckling Abferkelstall

Die Buchten sind mit seitlichen Abweisern ausgestattet, die den Ferkeln einen Fluchtraum bieten und damit einen Schutz gegen Erdrückung durch die Sau gewährleisten sollen. Der nutzbare Liegeraum für die Sauen wird dadurch nochmal eingeschränkt, so daß die Tiere nur noch längs in der Bucht liegen können. Die Einschränkung der Buchtenbreite auf nur 1,40 m spart nicht nur Grundfläche, sie verhindert auch, daß die Bucht von mehr als einer Sau bewohnt wird, was bei breiteren Buchten nicht auszuschließen ist und mehrere nachteilige Auswirkungen hat. Das Ferkelnest mit Wärmequelle kann zum Gang oder zur Wandseite hin angebracht sein. Eine Anbringung am Gang erleichtert die Überwachung durch den Tierhalter. Das Ferkelnest befindet sich dann im Kopfbereich der Sau, was auch aus ethologischer Sicht zu begrüßen ist, da die Ferkel nach der Geburt bevorzugt den Kopf der Sau aufsuchen.

Die Würfe bleiben solange in der eigenen Bucht, bis die ersten Ferkel aus einem Wurf die Hindernisse überwinden. Je nach Ausgestaltung der Hürde dauert dies zwischen drei und zehn Tagen. Einen starken Einfluß auf die Verweildauer im Nest hat die Milchleistung und Säugebereitschaft der Mutter. Durch das Entfernen der Hürden kommt es im Regelfall zu einem Vermischen der Würfe da die Ferkel sofort mit dem Erkunden des gesamten Stalls beginnen. Nach dem Auflösen der Würfe muß ein Gruppenferkelnest geschaffen werden, wo den Ferkeln neben einer ausreichenden Wärmequelle auch Wasser und Prestarter angeboten werden kann.

### Lösungsvariante für Altgebäude

Am Planungsbeispiel für einen vorhandenen Gebäudekomplex in Westthüringen sind die wesentlichen Merkmale für die Unterbringung von 168 Sauen in 21 Gruppen von jeweils 8 Tieren bei 1-wöchigem Rhythmus dargestellt. Für den vorgesehenen Umbau

standen drei Stalleinheiten zur Verfügung. Stall A hat einen 2 m breiten, befahrbaren Futtertisch, der den Raum längs teilt. Der Boden ist planbefestigt und für Tiefstreu eingerichtet. Zum Futtertisch hin ist eine Treppe angebracht mit einem massiven Sockel, der auf jeder Seite zusätzlich 0,5 m beansprucht. Die dadurch noch nutzbaren Flächen ergeben mit einer Ausdehnung von 75 m x 4,5 m eine für das Haltungssystem mit Sauengruppen äußerst ungünstige Form. Dieser Stall eignet sich allenfalls für die Schweinemast.

Stall B besitzt keinen Futtertisch und ist nur im rechten Winkel zur Stallachse befahrbar. Das Gebäude wurde früher zur Mast auf Teilspaltenboden benutzt. Die Anordnung der perforierten Flächen verhindert für die vorgesehenen Sauengruppen das Anlegen von ausreichend großen, geschlossenen Liege- bzw. Mistflächen. Andererseits würde nach einer Füllung der Güllekanäle viel Handarbeit zur Entmistung entstehen, da keine befahrbare Mistachse zuzuordnen ist.

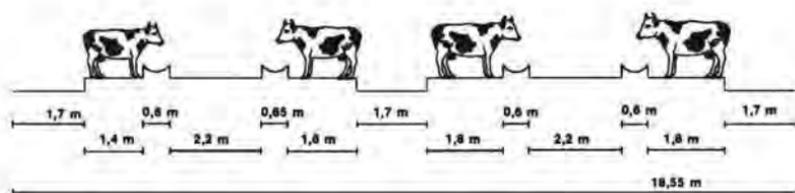
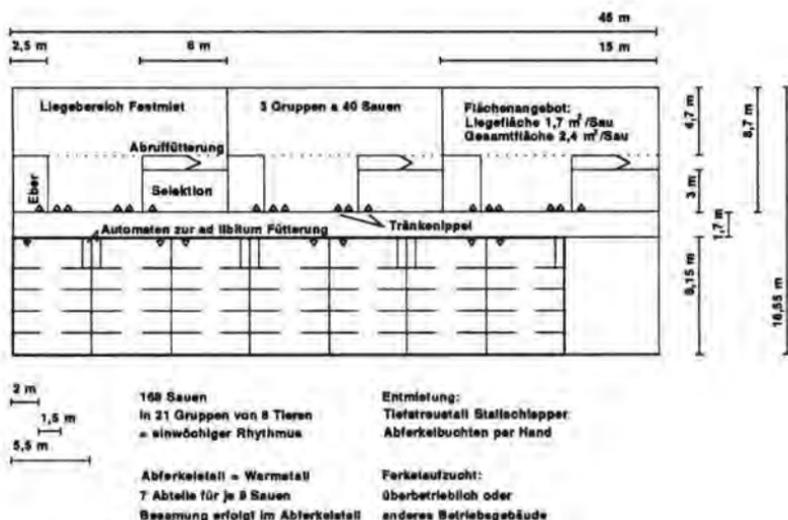


Abb. 2: Stallprofil des ehemaligen Rinderaufzuchtstalls (Stall C)

Stall C ist ein ehemaliger vierreihiger Anbindestall aus der Jungrinderaufzucht mit Kurzständen und mobiler Entmistung. Er entspricht dem in Abbildung X dargestellten Profilaufbau mit den angegebenen wichtigsten Maßen. Die Aufteilung dieses Stalles kann variabel vorgenommen werden, da insgesamt fünf befahrbare Achsen vorhanden sind. Hofschlepper mit Frontlader zum Entmistern und Anhänger können weiter verwendet werden, zumal die mobile Technik an die Durchfahrten bereits angepasst ist. Damit eignet sich dieser ehemalige Rinderstall nach Umbau sehr gut für die Sauhaltung. Entfernt werden müssen die Futtertröge und die noch verbliebene Stallein-

richtung. Über den mittleren Mistgang erfolgt die Futtermittellversorgung und das Entmisten. Ein Mistgang ist aufzufüllen, um eine planbefestigte Fläche für den Abferkelstall herzustellen. Der dritte Mistgang durchzieht die späteren Liegeflächen der tragenden Sauen. Er kann entweder planangepaßt oder mit Stroh ausgeglichen werden.

Bei einem Produktionszyklus von 21 Wochen kann jede Woche eine Sauengruppe von acht Tieren abferkeln, wodurch die Kontinuität der Produktion gewährleistet ist. Die tragenden Sauen werden in Großgruppen von je  $5 \times 8 = 40$  Tieren gehalten und aus Abfütterstationen gefüttert. Eine Trennung in Warm- und Kaltbereich ist vorgesehen (Abb. 3).



Systemstall für die Gruppenhaltung von Sauen in allen Haltungsstufen

Abb. 3: Aufstallung mit kontinuierlicher Gruppenhaltung

Der Deckstall entfällt und damit 1/3 der Umtreibearbeit. Die acht Sauen einer Abferkelgruppe gelangen eine Woche vor der Geburt in eines der sieben Abferkelabteile, werden zum Abferkeln nicht fixiert und können sich ihre Bucht selbst aussuchen. Die Fütterung erfolgt ad libitum aus einem Trockenfutter- oder Breiautomaten. Gemeinsames Absetzen ermöglicht die Synchronisierung der Sauen, die noch im Abferkelstall besamt und anschließend wieder in die Wartegruppen zurückgebracht werden. Anschließend kann ein komplettes Abferkelabteil gereinigt und desinfiziert werden. Auch ein 22- oder 24-Wochenrhythmus ist durchführbar.

Für die tragenden Sauen sind drei Gruppen mit je 40 Tieren vorgesehen. Alle Abteile haben die Abmessung  $8,7 \text{ m} * 15 \text{ m} = 130,5 \text{ m}^2$ . Von dieser Fläche gehen  $18 \text{ m}^2$  als Selektionsraum und  $7,5 \text{ m}^2$  als Eberbucht ab, so daß insgesamt  $104,5 \text{ m}^2$  für die Buchten bleiben ( $2,5 \text{ m}^2$  pro Tier). Sowohl die Selektionsbucht, als auch die Eberbucht liegen an dem Mittelgang und sind mit diesem durch eine Tür verbunden. Zwischen Eberbucht und Selektionsraum erstreckt sich der Wartebereich vor der Station. Dort soll nicht eingestreut werden, um das Abmisten zu fördern. Im vom Gang abgelegenen Teil der Wartebucht ist eine eingestreute Liegefläche ( $4,7 \text{ m} * 15 \text{ m}$ ) vorgesehen; dies entspricht einem Platzangebot von  $1,75 \text{ m}^2$  für jedes Tier. Da die Entmistung aus Kostengründen von Hand ausgeführt werden soll, ist es wichtig, daß der meiste Kot und Harn bereits auf dem Versorgungs- und Entsorgungsgang anfällt und von da aus leicht auf ein Fahrzeug geladen werden kann. Dazu ist es nötig, den Sichtkontakt zum Eber auf den vorderen Teil zu begrenzen und ebenso die Tränkenippel dort anzubringen. Der Liegebereich der tragenden Sauen wird als Tiefstreustall ausgeführt und kann bei Bedarf über den alten Kotgang mit einem Frontlader entmistet werden. Wenn die Tiere in den Stationen Trockenfutter erhalten und nur eine begrenzte Menge Wasser zum Befeuchten des Futters vorgesehen ist, werden die meisten Tiere nach der Futteraufnahme eine Tränke aufsuchen und dort auch abmisten.

Drei Wochen nach der Besamung können die Gruppen vor der Station selektiert und auf Umrauscher kontrolliert werden. Sauen, die später oder außerhalb des Drei-Wochen-Zyklus umrauschen, sind zu erkennen, weil sie den Kontakt zum Eber suchen. Am Gitter zwischen Eber- und Sauenbucht läßt sich auch eine Identifikationsantenne zur automatischen Erfassung der Umrauscher anbringen. Die Tiere einer 40er-Gruppe werden in der Station entsprechend ihrem Reproduktionsstatus gefüttert und eine Woche vor dem Abferkeln vor der Station selektiert. Anschließend erfolgen eventuell nötige Behandlungen wie Entwurmung und Waschen der Sauen, bevor sie in den Abferkelstall kommen.

Insgesamt bestehen sieben Abferkelabteile von  $8,15 \text{ m}$  Länge und  $5,5 \text{ m}$  Breite mit jeweils acht  $1,5 \text{ m} * 2 \text{ m}$  großen Abferkelbuchten. Je vier Abferkelbuchten liegen sich gegenüber, der Gang dazwischen ist  $1,5 \text{ m}$  breit. Die Fütterung erfolgt ad libitum aus einem Futterautomaten, der vom Gang aus befüllt werden kann. Gegenüber des Automaten befindet sich die Tränke. Die ca.  $2,0 \text{ m} * 5 \text{ m}$  große Fläche zwischen Automat und Tränke soll dem Abmisten dienen und wird deshalb nicht eingestreut. Die Abferkelbuchten erhalten viel Einstreu, der Gang zwischen den Buchten nur mäßig. Dann ist dort keine nennenswerte Mistmenge zu erwarten. Die Einrichtung der Buchten enthält Ferkelnest und Abweiser. Die Trennwände zwischen den Buchten auf einer Seite werden entfernt, sobald die Ferkel ihr Nest verlassen. In den anderen Buchten kann ein gemeinsames Ferkelnest mit Wärmequelle, Wasserspender und Automat für die freie Aufnahme von Prestarter eingerichtet werden. In den Abteilen muß eine Möglichkeit zur Raumheizung bestehen. Dies kann unter Umständen durch mobile Gasstrahler geschehen. Alle Ferkel werden gleichzeitig von den Sauen abgesetzt und eventuell zusätzlich das Futter für einen Tag entzogen. Gelangt dann täglich für einige Stunden ein

Eber in die Gruppe, ist mit einer deutlichen Ausprägung der Rausche zu rechnen. Unter Berücksichtigung der \*einwöchentlichen Eingewöhnungszeit ergibt sich bei einer Säugezeit von vier Wochen und einer weiteren Woche für Rausche und Besamung eine Aufenthaltsdauer in den Abferkelabteilen von ca. sechs Wochen pro Reproduktionszyklus. Wenn die Belegung dieser Abteile im Ein-Wochen-Rhythmus abläuft und sieben Abteile vorhanden sind, bleibt ausreichend Zeit, um eine gründliche Reinigung und Desinfektion durchzuführen. Die Ferkelaufzucht läßt sich überbetrieblich oder in einem anderen Wirtschaftsgebäude vornehmen.

### Bewertung der Umbaukosten

Um einen Vergleich des vorgestellten Systems auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit vornehmen zu können, wurden die Kosten für eine Umbaulösung kalkuliert. Dabei wurde soweit wie möglich die Aufstellung nach DIN 276 (Kosten für Hochbauten) berücksichtigt. Für die genauere Aufgliederung (z.B. Code 3300 betriebliche Einbauten) dienten die "Richtpreise für den Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude und ländlicher Wohnhäuser" der ALB Hessen e.V. Ausgabe 92/93 als Datengrundlage.

Am Beispiel des vorgestellten Stalls wurde ein Erfassung der zu erwartenden Umbaukosten vorgenommen. Dabei wurde die Planung eines konventionellen Zuchtstalls mit Einzelhaltung und das System der kontinuierlichen Großgruppenhaltung zum Vergleich gewählt.

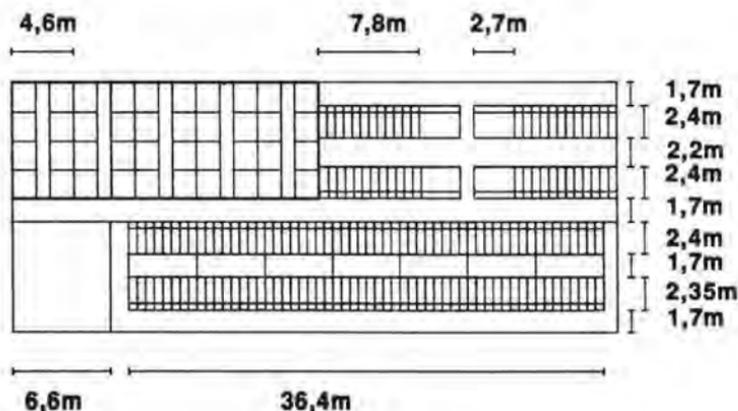


Abb. 4: Aufstallung mit Einzelhaltung

Modell 1 enthält 21 Gruppen a acht Sauen im einwöchigen Rhythmus mit Rein-Raus System. Der Abferkelstall umfaßt fünf Abteile für je eine Gruppe von acht Tieren. Im Deckstall sind viermal zwölf Plätze in Kastenständen sowie vier Eberbuchten vorgesehen. Für die Tiere im Wartestall stehen 112 Plätze in Kastenständen mit Gruppenentriegelung zur Verfügung. Auf diese Weise kann den Sauen während der Trächtigkeit insgesamt sechs Wochen die Möglichkeit zur Bewegung gegeben werden. Sowohl Deck- als auch Wartestall sind so angeordnet, daß die alten Futtertische als befahrbare Achsen für eine mobile Entmistung genutzt werden können. Im Deck- und Wartestall erfolgt eine automatische Fütterung mit Rohrkettenförderer und Volumendosierern. Im Abferkelstall wird die Zuteilung von Hand vorgenommen. Dies bietet neben der Kosteneinsparung auch Vorteile bezüglich Futterhygiene und Tiergesundheit.

Für Modell 2 wird der Stallraum in acht Abteile unterteilt, in denen je eine Sauengruppe von 18-20 Tieren ohne Umtreiben verbleibt. Die Fütterung erfolgt über Abrufstationen. Die Entmistung kann im Wartestall über die vorhandenen befahrbaren Achsen mobil vorgenommen werden, in den Abferkelabteilen muß von Hand entmistet werden.

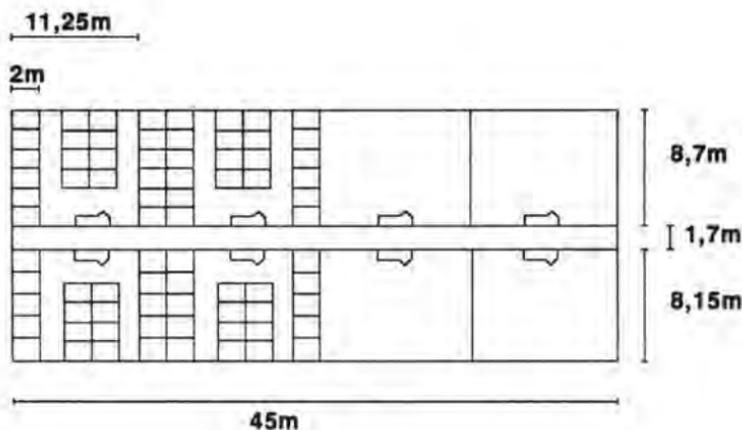


Abb. 5: Aufstallung mit festen Sauengruppen

Das dritte Modell erlaubt es die durchgehende Guppenhaltung und das Rein-Raus-Verfahren in Einklang zu bringen. Das Umtreiben wird um 1/3 reduziert und durch die automatische Selektion unterstützt. Je acht Tiere einer Gruppe ferkeln zusammen ab. Durch Multisuckling findet ein Wurfausgleich statt. Die tragenden Sauen werden rationiert mit Abruffütterung, die ferkelführenden Sauen ad libitum am Automaten ge-

füttert. Dieses Modell erfüllt als einziges die Anforderungen der Kategorie 1 der "Kriterien zur Förderung einer artgerechten Tierhaltung - Schweine" des Arbeitskreises für ökologische Tierhaltung.

Tab. 1: Gesamtkosten der Umbaumaßnahme

	Modell 1	Modell 2	Modell 3
<b>Beschreibung</b>			
Bauwerk	140484,60	181572,50	149296,30
Einrichtungen	130000,00	13840,00	24625,00
Fütterung	30330,00	78500,00	50780,00
Gesamtsumme	300814,60	273912,50	224701,30
Umbaukosten pro Sau	1790,60	1802,10	1337,60

Die Gesamtkosten liegen bei Modell 1 mit DM 300814,60 am höchsten, gefolgt von Modell 2 DM 273912,50 und Modell 3 mit DM 224701,30. Da die Modelle eins und drei für jeweils 168 Sauen und Modell zwei jedoch nur für 152 produktive Sauen ausgelegt sind ergibt sich bei der Berechnung der Umbaukosten pro Sau eine leichte Verschiebung. Am günstigsten ist Modell 3 mit DM 1337,60 pro Sau. Die Modelle 1 und 2 liegen mit DM 1790,60 und DM 1802,10 fast gleichauf und sind über DM 450,- Pro Sauenplatz teurer. Der Aufpreis von Modell 3 zu Modell 1 beträgt fast 35 %.

## Probleme bei der Privatisierung von Tierhaltungsanlagen in Ungarn

Tibor Keszthelyi

Nógrad gehört zu den flächenmäßig kleinsten Bezirken des Landes.

Die Erdgeschichte hat die Oberfläche dieser Gegend sehr abwechslungsreich gestaltet. Urmeere, aus der Tiefe aufgebrochene Vulkane sowie Flüsse und Bäche, die tiefe Täler in die Landschaft schnitten, haben hier ihre Spuren hinterlassen, weshalb diese Landschaft reich an natürlichen Werten ist.

Während Jahrmillionen bildete sich eine bunte, für die heutige Umwelt charakteristische Pflanzen- und Tierwelt heraus. Außerdem hat die Natur vielerorts die Spuren lange ausgestorbener Arten in den verschiedenen Gesteinsschichten für uns bewahrt. Ein Teil davon gelangte durch natürliche Prozesse an die Oberfläche, andere wurden durch den Menschen an das Tageslicht gefördert.

Wie überall in der Welt verbindet sich auch hier das Schicksal des Menschen mit dem der Natur. Obwohl man auch auf die Spuren der Urmenschen trifft, sind für diesen felsigen Landesteil die Burgruinen des geschichtsträchtigen Mittelalters charakteristisch. Teile der Dörfer, der Park eines Herrenhauses, ein Arboretum, eine typische Bergbausiedlung und vieles andere mehr bewahrt unsere Geschichte. Deshalb müssen wir diese Reichtümer weiterhin bewahren.

Die Ausdehnung der Industrie, die Urbarmachung soweit die breite Anwendung neuer Produkte in der Landwirtschaft und das Anwachsen des Fahrzeugverkehrs führte auch in unserem Bezirk zu einer verstärkten Inanspruchnahme der natürlichen Ressourcen und zur Verschmutzung der Umwelt. Unbedachte Eingriffe in die Natur gefährden die Landschaft und die Vielfaltigkeit der Pflanzen und Tierwelt. Das verantwortungslose Verhalten einzelner Menschen kann große Schäden verursachen. Glücklicherweise lenkte die Wissenschaft schon vor geraumer Zeit die Aufmerksamkeit auf ökologische Zusammenhänge und das nötige Gleichgewicht zwischen Natur und Mensch.

Es ist nötig, unsere Ansichten und unser Verhalten so zu ändern, daß wir die Umwelt erhalten und die Natur der Nógráder Landschaft auch das Leben der zukünftigen Generationen bereichert.

Die schönste Erhebung des mittleren Cser-Rückens ist der Szanda Berg, an dessen Fuße sich, geschützt durch die Berge Berceli und Szép, die Jákot-Heide (Jákotpuszta) befindet. Auf dem Gipfel (528 m) des Berges erheben sich die Ruinen einer mittelalterlichen Burg. Einen großen Teil des anderen Gipfels hat allerdings schon der Steinbruch verschlungen.

---

Anschrift des Autors: Dr. Tibor Keszthelyi, Agrarwissenschaftliche Universität  
Gödöllő, Fakultät für Landtechnik, Pater U. K. 1, H-2103 Gödöllő, UNGARN.

Der Berg Szanda eröffnet uns auch von den den benachbarten Tälern aus einen sehr schönen Anblick. Wahrscheinlich noch herrlicher ist das Panorama, welches sich uns vom Gipfel aus bietet. Die restlichen Erhebungen des Cser-Rückens sind durch Waldflecken bedeckt, welche sich mit blütenreichen Wiesen und Feldern abwechseln. Zwischen den Hügeln schmiegen sich kleine Dörfer in die Landschaft und Waldstreifen ziehen sich entlang der Flüsse und Bäche dahin.

Weiter entfernt bilden die sanften Konturen des nördlichen Cser-Rückens und später der Mátra, nach Westen schließlich die Umrisse der Börszöny Berge einen eindrucksvollen Horizont. Die geologischen Formen der Gesteinsbrocken wirken auf den Betrachter, als wären sie die mächtigen Reste einer alten Burg. Besonders interessant ist die auf der südlichen Seite sichtbare Piroxen-Andezit Lava durch ihr schönes säulenartiges Erscheinen. Innerhalb der Burg bildet sie einen mächtigen Felsblock, welcher an einen Brotlaib erinnert. Die den Berg bildenden Antezitsäulen neigen sich von Süden in Richtung Norden. Entlang der zur Burg führenden Straße bieten die nach der Entfernung der Humusschicht an die Oberfläche gelangten Enden der Säulen einen bizarren Anblick. Das säulenartige Andezit wurde eine zeitlang abgebaut, so daß die mächtigen geneigten Säulen heute gut zu sehen sind. Auf dem Gipfel des Burgberges findet man die größten Sträucher der Kornelkirsche (*Cornus mas*) im Bezirk.

Die durch das Zusammenwachsen mehrerer Sträucher entstandenen Stämme erreichen teilweise einen Durchmesser von 20 cm. Von der aus dem Andezit des Berges errichteten Burg stehen nur noch wenige Ruinen. An einigen Stellen sind die Reste der Burgmauern, die flachen Reste einer Bastei und ein Wassersammelbecken zu sehen. Am besten erhalten sind die 7 m hohen Teile eines Turmes, welche auch heute noch einen würdevollen Eindruck erwecken und weit zu sehen sind. Die Steinburg wurde nach dem Tatarenfeldzug in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts als Teil eines Burgdreiecks errichtet, welches sie mit den Burgen Nógrád und Drégely bildet. Die im Jahre 1546 von den Türken besetzte Burg wurde 1551 durch den Burgkommandanten Horváth Bertalan zurückerobert. In der Zeit des Befreiungskampfes unter Rákóczi gegen Ende des 18. Jahrhunderts besaß die Burg schon keinerlei strategische Bedeutung mehr.

Der Berg und seine Umgebung (ein 20 ha großes Gebiet) stehen heute unter Naturschutz. Im Tal neben dem Burgberg versteckt sich, begrenzt durch kleine Bäche, Rinnsale und Wälder, die Jákot-Heide. Seit 1706 sichert die Heide nachweislich den dort lebenden Bauern den Lebensunterhalt. So wie andere Heidelandschaften auch, wurde sie in den letzten Jahrzehnten Opfer einer anderen Auffassung, eines anderen Denkens.

Die Fogacspuszta, Patkányospuszta, Cservölgypuszta, Nelásdpuszta, Ordaspuszta, Huszáripuszta und Czonyhapuszta sind schon vollständig verschwunden oder es erinnert gerade noch ein verbliebenes, wunderschönes Haus oder ein Glockenstuhl daran, daß es hier in den Siebziger Jahren noch Leben gab.

Die Jákot-Heide sollte wiederaufleben, durch die Wiederherstellung der zerstörten Werte den Bewunderern der Natur, der Bildung und Wissenschaft und den die Kultur liebenden Menschen ihre einstige Schönheit zeigen und durch die Pflege der Geschichte der Gegenwart und Zukunft dienen.

### „Eto-Farm-Jákotpuszta“

#### **Ziele:**

1. Ökologische Bewirtschaftung von 752 ha.
2. Herausbildung eines auf Qualität ausgerichteten, spezialisierten und der Gegend angepaßten Betriebes.
3. Haltung von Schafen, Ziegen, Schweinen, Puten, Perlhühnern, Ungarischen Sandhühnern und Bienen.
4. Einführung eines Verfahrens zur Herstellung von qualitativ hochwertigem Schafskäse auf der Grundlage alter Traditionen und entsprechend den europäischen Vorschriften.
5. Industrielle Verarbeitung der Wolle unter Zugrundelegung alter Volkstraditionen.
6. Der Vorzeigebetrieb dient den landwirtschaftlichen Unternehmen der Gegend, den Studenten und den Lehrlingen der Fach- und Mittelschulen als Ausbildungs- und Lehrbasis.



Abb. 1: Das Stallgebäude vor der Renovierung.

7. Organisation von 1 bis 3 monatigen Austauschprogrammen für europäische und außereuropäische Studenten.
8. Erteilen von fachlichen Ratschlägen.
9. Angewandte Forschung: Die „Eto-Farm Jákotpuszta“ arbeitet bis 1996 als non-profit Gesellschaft.
10. Sicherung von Arbeitsplätzen für die umliegenden Bewohner.
11. Erneuerung der Jákotpuszta und im ursprünglichen Zustand geschehende Nutzung zur Verwirklichung der aufgezeigten Ziele.
12. Erklärung zum Naturschutzgebiet und Herausbildung eines Vorzeigebetriebes.



Abb. 2: Der neue Doppel-36er Schafmelkstand.



Abb. 3: Mangaliza in Freilandhaltung

### **Forschungsaktivitäten der Eto-Farm**

- Technische und technologische Überprüfung, Analyse und Planung von ökologischer Tierzucht betreibenden Bauernwirtschaften (Doktorarbeit über einen Modellbetrieb - begonnen am 1. Januar 1992).
- Erhöhung des Grasanbaus unter Verwendung von umweltfreundlichen Stoffen (Modellüberprüfung im Rahmen einer Doktorarbeit seit August 1992).
- Traditioneller Erd- und Lehmziegelbau und die Möglichkeiten seiner modernen Anwendung in der ungarischen ländlichen Baukunst (Die Rekonstruktion der Gebäude wird im Rahmen des Themas durchgeführt).
- Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen dem Gesundheitszustand, dem Verhalten und der Produktivität unter gegebenen ökologischen Verhältnissen.
- Verrichtung von Messungen und Adaption des auf der Grundlage von Empfehlungen der EG-Mitgliedsstaaten ausgearbeiteten Tiergesundheitsprogramms und der europäischen Tierschutz- und Ethologievorschriften.



Abb. 4: „Angerechte“ Ferkelhaltung.

### **Gehaltene und geplante Veranstaltungen im Rahmen des Programms:**

- 1992
- Berceles Abende (Vorlesungen für Landwirte und Unternehmer, von Januar bis März)
- II. Internationales Ethologiejugendtreffen
- Jákotpuszta Tage
- Ungarisch-Holländisches Studententreffen.

- **1993**
- Berceles Abende (von Januar bis März)
- V. Internationales Symposium über das maschinelle Melken von Kleinwiederkäuern (17.-21. Mai)
- Jákotpuszta Tage (14-16. Mai 1993)
- Internationales Ethologiejugendlager (Juni-Juli)
- 1-3 monatige Austauschpraktika (unter Teilnahme ausländischer Studenten und von jungen Landwirten) - laufend, in Abhängigkeit von den Anmeldungen.
  
- **1994**
- Berceles Abende (von Januar bis März)
- Internationales Ethologiejugendlager
- Jákotpuszta Tage
- Symposium über Tierschutz
- 1-3 monatige Austauschpraktika (unter Teilnahme von ausländischen Studenten und von jungen Landwirten).
  
- **1995**
- Berceles Abende (von Januar bis März)
- Internationales Ethologiejugendlager
- III. Internationales Ethologiejugendtreffen (vom 26. Juli bis 8. August)
- Jákotpuszta Tage
- 1-3 monatige Austauschpraktika (unter Teilnahme von ausländischen Studenten und von jungen Landwirten).
  
- **1996**
- Berceles Abende (von Januar bis März)
- Veranstaltungen im Zusammenhang mit der Weltausstellung (24. April - 20. Oktober 1996)
- Palóc Volkskunst
- Heiden in Ungarn
- Internationales Ethologiejugendlager
- Ausstellung über die Folklore der Schäfer in der Zeit vom Tage des St. Georg bis zum Tage des St. Vendel

- 1-3 monatige Austauschpraktika (unter Teilnahme von ausländischen Studenten und von jungen Landwirten)
- Weltkongreß der Angewandten Ethologie.
  
- **1997**
- Berceler Abende (von Januar bis März)
- Internationales Ethologiejugendlager
- Ethologieweltkongreß (August)
- Jákopuszta Tage
- 1-3 monatige Austauschpraktika (unter Teilnahme von ausländischen Studenten und von jungen Landwirten).



# **Modernisierung von Typenställen und Angebotsprojekten - Voraussetzung für eine effektive Milchproduktion in den neuen Bundesländern -**

**Ulrich Brehme**

## **Ausgangssituation**

In der Rinderhaltung der neuen Bundesländer sind bis 1970 ca. 2,5 Millionen Stallplätze neu geschaffen worden, wobei für bestimmte Zeitetappen typische Baukonstruktionen kennzeichnend waren. Wurde in den 50er Jahren traditionell gebaut, findet man im folgenden Jahrzehnt vor allem Skelettkonstruktionen mit Betonstütze, Gasbetonaußenwandplatten und Nagelbreitbindern. Im Zuge der Kollektivierung der Landwirtschaft nach 1960 wurden weit über 50 % landwirtschaftlicher Betriebsgebäude als Typenprojekte (TP) mit standardisierten Hüllenelementen gebaut. Gebäudebreiten von 12, 15, 18 und 21 m dominierten, wobei überwiegend ohne eingrenzende Innenstützen gearbeitet wurde. Die meisten Stallgebäude wurden mit Gebäudelängen zwischen 60 und 75 m ausgeführt. Bis in die 70er Jahre entstanden daraufhin die für die DDR typischen Milchviehanlagen für 200 Kühe - auf der Stallbasis TP L 201 - und 400 Kühe - Stallbasis TP L 203 -.

Allein das Typenprojekt L 203 „Anbindestall für 200 Milchkühe“, das als MVA für 400 Kühe errichtet wurde, ist mit ca. 250.000 Stallplätzen am stärksten vertreten.

In die 70er Jahre fällt dann der Beginn der industriemäßigen Großproduktion in der Tierproduktion mit der Schaffung von Milchviehgroßanlagen mit mehr als 1.200 Kuhplätzen, die überwiegend als Kompaktbauten mit Hallenschiffen von 24 m Systembreite errichtet wurden. Abbildung 1 zeigt die drei Grundlösungen der typisierten Stallbauhüllen mit 12, 21 und 24 m Systembreite. Im Jahre 1990 wurden 25,6 % aller Milchkühe in Beständen mit mehr als 800 Kühen gehalten; das allein zeigt die Bedeutung und Notwendigkeit der Umgestaltung und Weiterernutzung solcher Anlagen.

Mit einem überwiegend guten Bauzustand erweisen sich die TP L 201 und L 203, die als Anbindeställe für 100 und 200 Milchkühe projektiert und ausgeführt wurden, als umbau- und modernisierungswürdige Objekte. Die Typenprojekte weisen Gebäudesystembreiten von 12 m und 21 m sowie Gebäudesystemlängen von 60 m und 75 m auf. Aufgrund der spezifischen Anforderungen an eine weitere Nutzung ist über Art und Umfang von Umbauten und Sanierungsmaßnahmen nur am konkreten Standort zu entscheiden.

---

Anschrift des Autors: Dr. agr. Ulrich Brehme, Institut für Agrartechnik Bornim e. V., (ATB), Max-Eyth-Allee 1, 14469 Potsdam-Bornim.

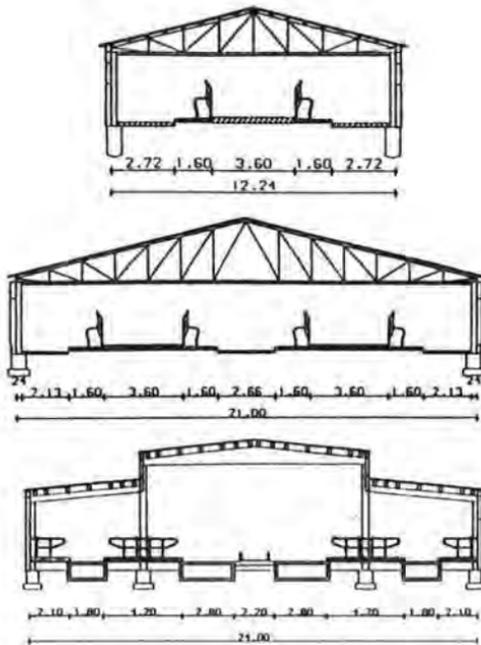


Abb. 1: Grundvarianten von Typenstallhüllen.

Die erschlossenen Standorte dieser Anlagen, meist im Außenbereich von Siedlungen und Dörfern, stellen eine gute Ausgangsposition für eine effiziente Milchproduktion dar. Für Modernisierungs- oder Sanierungsmaßnahmen zur Stallgestaltung sind ein klares ökonomisches Konzept und ein tragfähiges Investitionsmodell notwendig. Die begrenzte Kapitalverfügbarkeit und der enge Rahmen bei der Gewährung von Fördermitteln läßt nur eine schrittweise, exakt geplante und zukunftsorientierte Umgestaltung bestehender Produktionsbauten zu.

Wie stellt sich der Umstrukturierungsprozeß in den neuen Bundesländern dar?

Die Anpassung der ostdeutschen Produktionsstruktur an die Markterfordernisse sind in ihrer Dimension und ihrem Tempo einmalig und in ihren Folgen für Deutschland heute noch nicht abzusehen.

Der Abbau von 3,6 Millionen GV innerhalb von 3 Jahren brachte nicht nur einen dramatischen Rückgang der Tierbestandszahlen bei Schafen auf 31 %, bei Schweinen auf 35 % und bei Rindern auf 53 % bezogen auf die Ausgangssituation von 1989 (Abbildung 2); er brachte für viele Bauern und Beschäftigte der Landwirtschaft hohe finanzielle Verluste, eine völlige Verunsicherung der beruflichen Zukunft und den Verlust des Arbeitsplatzes.

Der Anteil stillgelegter Flächen ist deutlich höher als im bisherigen Bundesgebiet.

Abb. 2: Entwicklung der Tierbestände in den neuen Bundesländern.

Tierart/-Kategorie	Okt. 1989	Dez. 1990	Dez. 1991	Dez. 1992	BL Brandenburg 1989 - 1992 [%]
	1000/%				
Rinder insges. dav. Milchkühe	5724/100 1957/100	4967/86,4 1584/80,9	3264/57,0 1103/56,3	3020/52,7 1060/54,1	54,0 52,1
Schweine insges. dav. Sauen	12013/100 1338/100	8783/73,1 804/60,0	4702/39,1 584/43,6	4258/35,4 -	36,2 46,3
Schafe	2603/100	1456/55,9	802/30,8	827/31,7	25,5

## Modernisierung - wie und was?

Wenn die bestehenden großen ostdeutschen Milchproduktionsanlagen, gleich welcher Bewirtschaftungsform, und die neugegründeten Wiedereinrichtungsbetriebe auch unter marktwirtschaftlichen Bedingungen konkurrenzfähig produzieren und Gewinn erwirtschaften wollen, gilt es für alle Betriebsformen folgende Schwerpunkte bei der Betriebsumgestaltung zukunftsorientiert zu lösen:

1. Im Vordergrund stehen bauliche und ausrüstungstechnische Veränderungen bei den Stallhüllen und Anlagen zur Erfüllung der aufgeführten Forderungen nach tiergerechten, umweltverträglichen Produktionsbauten.
2. Die Durchsetzung neuer Wege bei der Arbeitsorganisation und beim Management in größeren Milchproduktionsanlagen der neuen Bundesländer.
3. Modernisierungs- und Umgestaltungsmaßnahmen nach einem bestätigten Betriebskonzept als Stufenplan, um den Finanzierungsaufwand überschaubar zu halten.

Kaum ein Wort ist im Zusammenhang mit Problemen der Tierhaltung in letzter Zeit soviel strapaziert worden, wie der Begriff „tiergerecht“. Er wird zurecht als Forderung für die Gestaltung der Tierhaltung gebraucht. Um diese Forderung realisieren zu können, bedarf es der notwendigen begrifflichen Klarheit. Zahlreiche Wissenschaftler [2, 6, 9] haben sich mit der Definition der „tiergerechten“ Haltung beschäftigt, ohne in allen Punkten Übereinstimmung zu erzielen. Grundsätzlich kann gesagt werden, daß eine tiergerechte Nutztierhaltung die biologischen Bedürfnisse der Tiere berücksichtigen muß. Gleichzeitig ist aber die Einschränkung erforderlich, daß dies in der Nutztierhaltung in Abstimmung mit anderen wichtigen Zielsetzungen erfolgen muß. Nicht alle feststellbaren biologischen Lebensäußerungen eines Nutztieres können und müssen im Rahmen seiner Haltung unbedingt Berücksichtigung finden, weil die Domestikation als natürlicher Vorgang eine Begrenzung der Bewegungsfreiheit und eine teilweise Einschränkung bestimmter Verhaltensweisen einschließt, die zur Nutzbarmachung bestimmter Produktionsleistungen erforderlich sind [8].

Hier liegt der Hauptschwerpunkt für die Umgestaltung der Stallanlagen in den neuen Bundesländern, denn ein Hauptziel der sozialistischen Planwirtschaft war es, möglichst viele Tiere in einem umbauten Raum aufzustellen. Das führte zur Minimierung und Unterschreitung technologischer Parameter, die sich u. a. ausdrücken:

- in minimierten Liegeboxenabmessungen von 1.000 mm x 2.200 mm
- in Aktionsflächen je Kuh/Haltungssystem von nur 3,8 - 4,2 m<sup>2</sup>
- in eingeschränkten Tier:Freßplatz-Verhältnissen bei Milchkühen bis 1:4
- in unzureichenden Freßgangbreiten von < 2.800 mm.

## Lösungsbeispiele für Typenstallhüllen

Rinderställe erfordern nach wie vor einen hohen Kapitalaufwand. Der derzeit spürbare Strukturwandel in ganz Deutschland zeigt diese Tendenz deutlich. Neubauten erfordern einen Investitionsaufwand von 8.000 – 13.000 DM/Tpl. und mehr [5]. Je nach Standort, Automatisierungsgrad der Ausrüstung und Umfang von Modernisierungsvorhaben sind Aufwendungen von 1.500 - 7.500 DM/Tpl. erforderlich.

Dabei geht der Trend im traditionellen Familienbetrieb zu spürbaren Erhöhungen bei der Herdengröße von derzeit 17,5 Kühe/Betrieb auf > 60 Kühe/Betrieb [7]. In den neuen Bundesländern kommt es zu einer Entflechtung von Großbetrieben, wobei auch weiterhin Bestandskonzentrationen von 200 - 1.500 und mehr Kühen zum Betriebsbild ostdeutscher Landwirtschaftsbetriebe zählen werden.

Größere Tierbestände - größere Chancen [3], diese einfache Formel bringt die Vorteile dieser Betriebe zum Ausdruck, wenn die Standortverhältnisse, die Produktionstechnik einschließlich der Milchqualität, Engagement und Management im Betrieb stimmen.

Betriebe mit 1.000 und mehr Kühen bieten als Bewirtschaftungsgesellschaft mit 4 - 6 Wiedereinrichtern völlig neue und höchst interessante Bewirtschaftungsformen für solche Anlagen.

Neben der sozialen Komponente, daß allen Familien ein gesichertes Einkommen in Aussicht steht, Weiterbildung, Kranksein und Urlaub durch Arbeitsvertretung abgesichert ist - sie fehlt im Familienbetrieb völlig - sind in diesen Anlagen alle Chancen auch für eine tier- und umweltgerechte Milchproduktion gegeben.

Dem Entwicklungstrend Rechnung tragend, wurden bei den dargestellten Lösungsbeispielen für alle Typenprojekte die Laufstallhaltung - als Freßliegeboxenhaltung bzw. Liegeboxenhaltung mit vom Freßplatz getrennten Liegeboxen - mobile bzw. stationäre Futtermittelverteilung, Melken in stationären Durchtreibmelkständen und Entmistung als Festmist- oder Güllevariante unterstellt.

Für große Stallanlagen, den Typenstallhüllen L 201 (12 m Gebäudebreite), L 203 (21 m Gebäudebreite) und die Kompaktstallhülle für Großanlagenangebotsprojekte (24 m Gebäudebreite) entsprechend, wurden in der FAL Braunschweig [4] unter den bisher dargelegten Anforderungen Lösungsvorschläge als Modernisierungsvarianten erarbeitet, die als standortlose Modellvarianten Grundlagen für eine individuelle, d. h. konkrete, Standortanpassung sind (Abbildungen 3, 4, 5).

### Stallhüllentyp L 201

Die kostengünstigsten Varianten des Stalltyps L 201 (Abbildung 3) sind:

- Freßliegeboxenhaltung, zweireihig, mittiger Futtertisch
- einseitiger Tretniststall, asymmetrische Futterachse
- einseitiger Tieflaufstall, asymmetrische Futterachse.

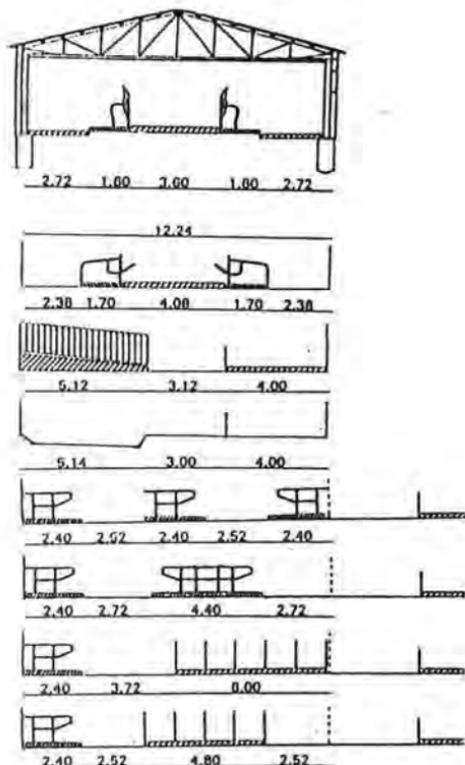


Abb. 3: Umbaulösungen für den Typenstall L 201.

Neben geringen Profiländerungen fallen beim Tretmist- und Tieflaufstall die geringen Ausrüstungskosten ins Gewicht, da die Tiere hier als Großgruppen ohne Standabtrennung gehalten werden.

Spürbar teurer sind die vier weiteren Lösungsvorschläge, die neben völliger Profiländerung im Stall auch Baumaßnahmen im Außenwandbereich erfordern, denn alle Umbaulösungen werden als Außenfütterungsvariante angeboten.

Neben den dargestellten Lösungsvorschlägen als Festmistvarianten sind die Vorschläge auch als Güllevarianten, außer Tretmist- und Tieflaufstall, möglich, wobei hier zusätzliche Umbaukosten zwischen 1.500 - 2.000 DM/Tpl. erforderlich sind.

### Stallhüllentyp L 203

Für Umbaulösungen des Typenstalls L 203 mit einer Gebäudesystembreite von 21 m gilt sinngemäß gleiches wie für die Beispiele des L 201. Bei den dargestellten Lösungen (Abbildung 4) wird auf bauliche Veränderungen im Außenwandbereich verzichtet. Denkbar sind neben den dargestellten Lösungsvarianten auch Auslaufzu-

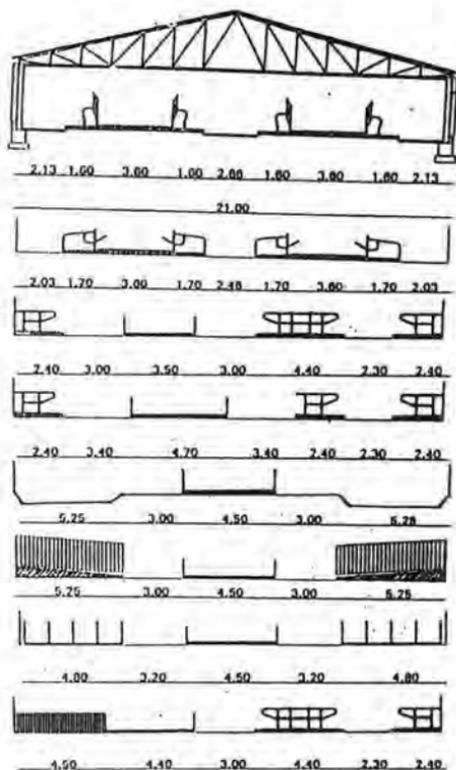


Abb. 4: Umbaulösungen für den Typenstall L 203.

ordnungen ein- oder beidseitig an den Außenwandbereichen zur Auflockerung der begrenzten Aktionsfläche bei der Variante Freßliegeboxenhaltung. Im einzelnen sind folgende Umgestaltungsmöglichkeiten aufgezeigt:

- vierreihige Freßliegeboxenhaltung, je zwei asymmetrisch angeordnete Futtertische
- vierreihige Liegeboxenlaufstallhaltung mit einem asymmetrisch angeordneten Futtertisch, zwei Wandliegeboxen- und einer Doppelliegeboxenreihe
- dreireihige Liegeboxenlaufstallhaltung, asymmetrischer Futtertisch, zwei Wand- eine Liegeboxenreihe
- zweiseitiger Tieflaufstall, mittiger Futtertisch
- zweiseitiger Tretmiststall, mittiger Futtertisch
- zweiseitige Querreihenaufstallung, mittiger Futtertisch
- dreireihige Liegeboxenlaufstallhaltung mit einer Doppelliegeboxen- und einer Wandliegeboxenreihe, asymmetrischer Futtertisch, Nachzuchtbereich.

Auch hier sind neben den dargebotenen Festmistvarianten Güllevarianten, außer beim Tiefstreu- und Tretmiststall, möglich.

### Kompaktstallhülle - 24 m

Die Umbaulösungen für die Kompakthülle mit einer Gebäudeabmessung von 24 m verursachen mit einer Ausnahme sehr geringe Modernisierungskosten. Abbildung 5 zeigt einige Varianten auf:

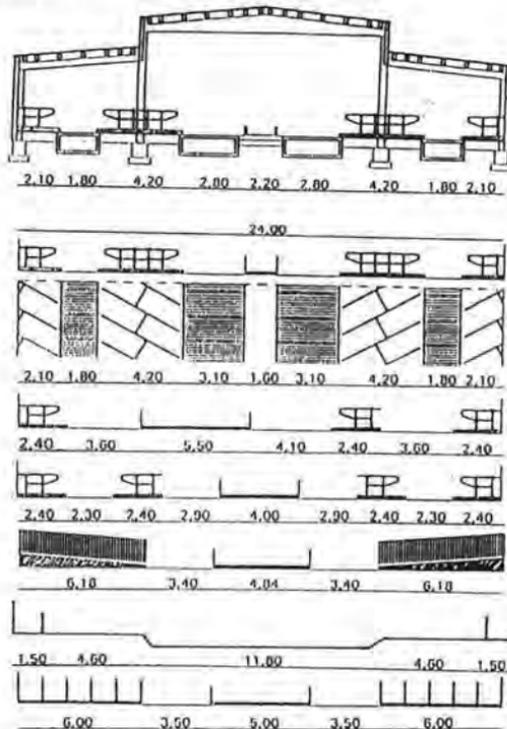


Abb. 5: Umbaulösungen für die Kompaktbauhülle 24 m.

- Die sechsreihige Aufstallungsform mit Schrägboxen und Beibehaltung der vorhandenen Verfahrenslösung stellt die optimale, weil kostengünstigste Lösung dar.
- Tretmist- und Tiefstreuhaltung als Festmistvarianten und eine mobile Futtermittelverteilung kommen für diesen Stallhüllentyp aus Kostengründen derzeit nicht in Frage. Neben einer völligen Verfahrensumgestaltung und Profiländerung in den Stallhüllen sind erhebliche bauliche Veränderungen im Stallhüllenbereich erforderlich, deren Kapitalaufwand die finanziellen Möglichkeiten der Nachfolgeeinrichtungen bei weitem übersteigt.
- Querreihenaufstallung sollte wegen der ausschließlich möglichen Güllewirtschaft und den enorm hohen Investitionsaufwendungen nicht in Frage kommen,
- Die übrigen Liegeboxenvarianten, hierzu ist eine weitere Variante mit zwei Doppelliegeboxenreihen anstelle der vier Einzelreihen zu zählen, sind technolo-

gisch machbar, verursachen jedoch durch Stallprofiländerung, Festmistproduktion und mobiler Fütterung sehr hohe Umbaukosten

Die Umgestaltungen dieses Stalltyps liegen eher im Produktionsbereich, wo mit wenig Mitteln durch Tierverdünnung, Schrägboxeneinsatz und leistungsorientierter Bestandsgruppierung eine Effektivitätssteigerung in der Bewirtschaftung realisiert werden kann. Freie Produktionsbeteile sind für Kälber- und Jungründeraufzucht umzugestalten (Liegeboxen, Spaltenbodenbereich).

### **Investitionsbedarf für Bau/Ausrüstung**

In Abbildung 6 ist der Investitionsbedarf je Tierplatz, getrennt nach Bau und Ausrüstung, bei ausgewählten Umgestaltungsvarianten der bearbeiteten Typenstallhüllen ausgewiesen.

Neben Stalltyp, Bestandsgröße und Stallform kommt der ausgewählten Verfahrenslösung große Bedeutung beim Ausrüstungs- und z. T. auch beim Bauaufwand zu. Bei der Haltung ist ausschließlich die Laufstallhaltung mit getrennt vom Freßplatz angeordneten Liegeboxen bzw. Freßliegeboxenhaltung anzutreffen.

Die Entmistung ist durch Festmist-, bei den Großanlagen ausschließlich durch Gülleentmistungsvarianten, vertreten.

Bei der Melktechnik dominieren Fischgrätenmelkstände, nur in den Großanlagen des AP 1930 werden Melkkarussellanlagen eingesetzt. Kraffutterautomaten sind bei allen Typenstallhüllen anzutreffen. Die größte Vielfalt, die sich auch in sehr unterschiedlicher Investitionshöhe äußert, ist beim integrierten Fütterungsverfahren anzutreffen.

Dominierend bei den Lösungen des L 201 und L 203 sind mobile Futterverteilrichtungen als Siloblockschnidevariante oder als Entnahme-, Misch- und Verteilwagen. Die Großanlagen des AP 1930 und 1232 verwenden nach wie vor stationäre Verteileinrichtungen mit reversierbaren Futterbändern oder Bandabstreifern.

Die durchgeführten Berechnungen zum Investitionsbedarf [1] beinhalten die Kostenpositionen:

- Stallhülle
- Stallinnenausbau
- Melkhaus
- Siloanlage
- Güllelager (Fundament)

Die in Abbildung 6 dargestellten Ergebnisse sind Aufwendungen für ein Ertragsniveau von 7.000 kg/Kuh-a.

Eindeutig zeigt sich, daß mit zunehmender Bestandsgröße das Investitionsgeschehen positiv beeinflußt wird, daß Güllewirtschaft und der Einsatz von Konzentratfutterautomaten deutliche Verteuerungen je Tierplatz bedeuten.

In den Abbildungen 7, 8 und 9 werden am Beispiel des L 203, für Einzelställe und Anlagen, notwendige Investitionsaufwendungen untergliedert nach Bau und Ausrüstung für drei bzw. zwei Verfahrenslösungen dargestellt. Aus der Tendenz ist zu erkennen, daß die Profilumgestaltung beim Übergang zur Güllewirtschaft und die

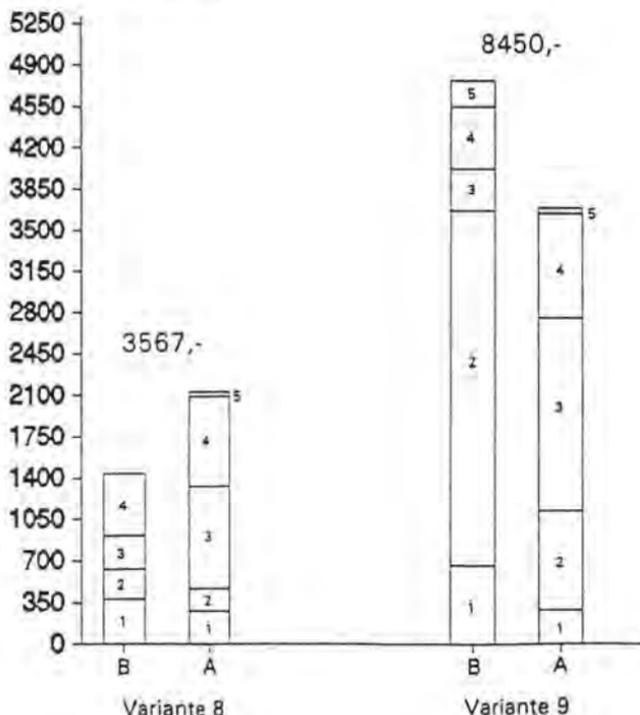
Abb. 6: Investitionsbedarf verschiedener Umbaulösungen für Typenstallblöcke (BANDULL &amp; BRÄHNIG 1992).

Stalltyp	Bestandsgröße/TP	Stallform	Verfahrenslösung	Investition/DM · TP	
				Bau	Ausrüstung
L 201	90	Einzelstall	FM; FLB; SBS; FGM	2.897	3.243
L 201	86	Einzelstall	Gülle; FGM; FLB; KFA; EMV-W.	4.611	5.086
L 201	180	Anlage	FM; FGM; FLB; EMV-W.	3.067	2.429
L 203	216	Einzelstall	FM; FGM; FLB; EMV-W.	1.438	2.130
L 203	342	Anlage	Gülle; FGM; FLB; KFA; EMV-W.	5.029	2.880
L 203	432	Anlage	FM; FGM; FLB; KFA; EMV-W.	1.567	1.561
AP 1232	612/NZ	Anlage	Gülle; FGM; LB; ST-F	1.353	1.929
AP 1232	592/NZ	Anlage	Gülle; FGM; LB; ST-F; KFA	1.381	2.331
AP 1930	1124/NZ	Anlage	Gülle; MK; LB; ST-F	1.228	1.397
AP 1930	1088/NZ	Anlage	Gülle; MK; LB; ST-F; KFA	1.252	1.767

**Legende:** FM = Festmist                      SBS = Siloblockschneider                      LB = Liegebox  
 FGM = Fischgrätenmelkstand              KFA = Kraftfutterautomat                      MK = Melkkarussell  
 FLB = Freß-Liegebox                      EMV-W = Entnahme-, Misch- u. Verteilwagen                      ST-F = stationäre Fütterung

Abb. 7: Investitionsbedarf von Umbautungen für Einzelställe des L 203 mit unterschiedlicher Tierzahl und Verfahrensgestaltung (BENDULL & BREHME 1992).

### Investitionen (DM/Tpl)



#### B = Bau

- 1 Stallhülle
- 2 Innenausbau
- 3 Melkhaus/-stand
- 4 Silagelager
- 5 Güllelager (Fundament)

#### A = Landtechn. Ausrüstung

- 1 Haltung
- 2 Entmistung/Einstreu
- 3 Fütterung
- 4 Milchgewinnung/-lagerung
- 5 Reinigung/Desinfektion

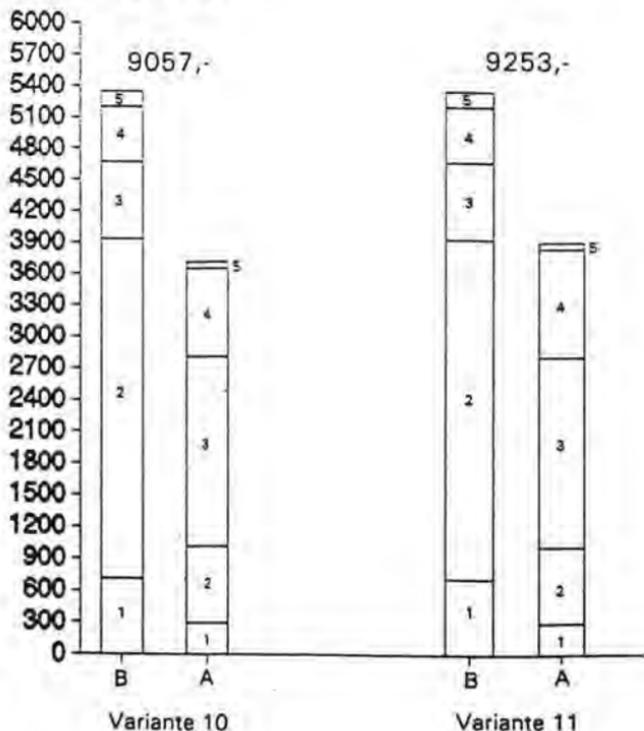
Var. 8 Freßliegeboxen; Einstreu;  
EMV-Wagen<sup>1)</sup>; FGM im Melkhaus;  
(216 Kühe)

Var. 9 Liegeboxen; Gülle; EMV-Wagen<sup>1)</sup>  
+ KF-Automaten; FGM im Melkhaus;  
(176 Kühe)

<sup>1)</sup> Entnahme-, Misch- und Verteilwagen

Abb. 8: Investitionsbedarf von Umhebungsanlagen für Einzelställe des L 203 mit unterschiedlicher Melktechnik (BENDULL &amp; BREHME 1992).

Investitionen (DM/Tpl)

B = Bau

- 1 Stallhülle
- 2 Innenausbau
- 3 Melkhaus
- 4 Silagelager
- 5 Güllelager (Fundament)

A = Landtechn. Ausrüstung

- 1 Haltung
- 2 Entmistung/Einstreu
- 3 Fütterung
- 4 Milchgewinnung/-lagerung
- 5 Reinigung/Desinfektion

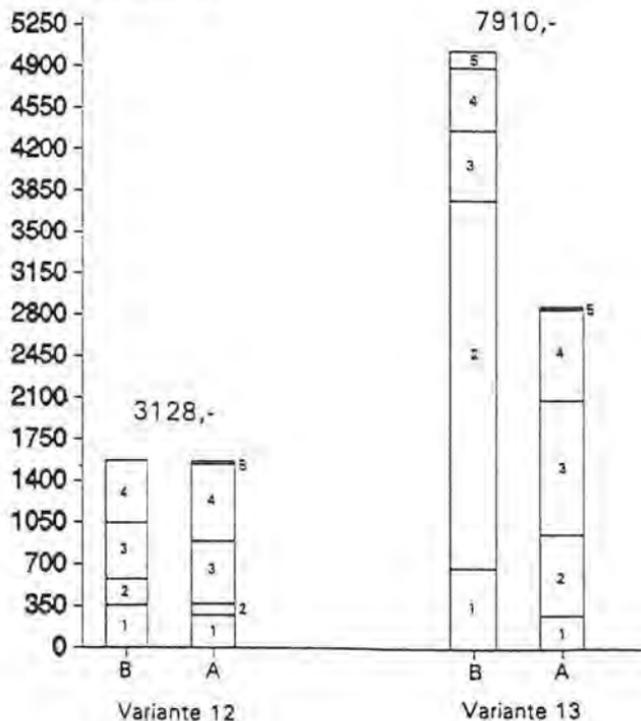
Var. 10 Liegeboxen; Gülle;  
EMV-Wagen<sup>1)</sup> + KF-Automaten;  
FGM im Stall; (150 Kühe)

Var. 11 Liegeboxen; Gülle;  
EMV-Wagen<sup>1)</sup> + KF-Automaten;  
Autotandem im Stall; (150 Kühe)

<sup>1)</sup> Entnahme-, Misch- und Verteilwagen

Abb. 9: Investitionsbedarf von Umbautungen für Anlagen des L 203 mit unterschiedlicher Verfahrensgestaltung und Tierkonzentration (BENDJILL & BREHME 1992).

### Investitionen (DM/Tpl)



#### B = Bau

- 1 Stalhülle
- 2 Innenausbau
- 3 Melkhaus
- 4 Silagelager
- 5 Güllelager (Fundament)

#### A = Landtechn. Ausrüstung

- 1 Haltung
- 2 Entmistung/Einstreu
- 3 Fütterung
- 4 Milchgewinnung/-lagerung
- 5 Reinigung/Desinfektion

Var. 12 Freßliegeboxen; Einstreu;  
EMV-Wagen<sup>1)</sup>; FGM im Melkhaus;  
(432 Kühe)

Var. 13 Liegeboxen; Gülle;  
EMV-Wagen<sup>1)</sup> + KF-Automaten;  
FGM im Melkhaus; (342 Kühe)

<sup>1)</sup> Entnahme-, Misch- und Verteilwagen

Einführung von Konzentratfutterautomaten entscheidend zur Kostensteigerung beitragen, und daß der Konzentrationseffekt des Tierbestandes ein wesentlicher Faktor für die Kostensenkung beim Investitionsaufwand ist.

Es muß jedoch darauf verwiesen werden, daß Lösungsvorschläge zur Freßliegeboxenhaltung nur zeitbegrenzte Übergangslösungen darstellen, die heute unter der begrenzten Kapitalverfügbarkeit vieler Betriebe in den neuen Bundesländern kostengünstige Modernisierungslösungen sind.

Perspektivisch sind bei dieser Haltungsform Verfahrensveränderungen notwendig.

Die Spannweite von 2.635 DM/Tpl bei der Modernisierung einer Großanlage Typ AP 1930 bis zu 9.697 DM/Tpl, bei der Umrüstung einer Stallhülle L 201 mit 86 Tpl - Güllewirtschaft, Kraftfutterautomaten und einem Entnahme-, Misch- und Verteilwagen zeigt die Vielfalt der Variationsmöglichkeiten beim Einsatz unterschiedlichster technologischer Verfahrenslösungen und Bauausführungen.

Hier wird die große Verantwortung von Beratungs-, Projektierungs- und Planungseinrichtungen deutlich, denen es obliegt, durch eine seriöse dem Anliegen des Auftraggebers entsprechende Bauberatung und -begleitung, tier- und umweltgerechte Produktionsbauten zu einem vertretbaren Investitionsaufwand standortgerecht zu realisieren.

## Literatur

- [1] BENDULL, K. & U. BREHME (1992): Lösungsvorschläge und Bewertungsergebnisse als Grundlage für die weitere Nutzung von Milchviehtypenställen in den neuen Bundesländern - Forschungsbericht ATB 1/93.
- [2] HAIGER, A. (1989): Tierwelt. - In: Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen (Hrsg.): Umweltbericht: 122-132, Wien.
- [3] HARMS, E. (1992): Größere Betriebe - größere Chancen. - Neue Landwirtschaft 92(2): 59-61.
- [4] HARTMANN, W. (1992): Kostensparend umbauen - Planung von Umbaumaßnahmen für Milchviehställe in den neuen Bundesländern. - Landtechnik 47(9): 454-457.
- [5] RITTEL, L. (1992): Aktuelle Lösungen im Neu- und Altbau. - Vortrag zur Fachtagung der Fa. ETERNIT - „Bauen auf dem Lande“; 26.11.1992, Berlin.
- [6] SCHLICHTING, M. C. (1988): Aufzuchtverluste - was meint der Tierschutz. - Der Tierzüchter 40: 480 ff.
- [7] SCHÖN, H. (1991): Landtechnik 2000 - Neuorientierung der landbewirtschaftung und ihre Konsequenz für die Landtechnik. - Landtechnik 46(1/2): 8-13.
- [8] SMIDT, D. (1988): Biotechnologische Entwicklungsoerspektiven in der Tierproduktion. - Wiener Tierärztliche Monatsschrift 88(1): 2-10.
- [9] ZEEB, K. (1989): Anforderungen von Nutztieren an die Haltungstechnik. - Tierhygiene Institut Freiberg; Loseblattsammlung; Stand 1989.

## **Planungsprobleme bei Stallanlagen für die Schweineproduktion in den neuen Bundesländern und Lösungsvarianten**

**Friedrich Berkner**

In zwei Beratungsjahren wurden vom Autor 375 Betriebe in den neuen Bundesländern analysiert und beraten. Sie stellten vor der Wende mit 160.000 Sauen und ca. 2,5 Mio. produzierten Ferkeln/a sowie mit 765.000 Mastplätzen und ca. 2,05 Mio. produzierten Mastschweinen/a etwa 1/6 der damaligen Produktionskapazität dar.

Jeder dieser Betriebe unterliegt also der Genehmigungspflicht nach dem BImSchG (Bundes-Immissions-Schutz-Gesetz) und muß bis spätestens 01. Juli 1993 nachgeprüft werden.

Dabei müssen diese Betriebe nach der TA-Luft

- festgelegte Mindestabstände zur privaten Wohnbebauung,
- eine Lagerkapazität für Fäkalien in entsprechenden Lagerstätten (Jauche oder Gülle in geschlossenen Behältern) für mindestens sechs Monate,
- eine Flächenkapazität mit max. zwei DE/ha zur Aufnahme dieser Fäkalien und
- Lüftungsanlagen nach dem Stand der Technik (DIN 18910, VDI Richtlinie 3471)

nachweisen.

Es ist nicht zwingend vorgeschrieben, aber es empfiehlt sich, zusätzlich ein Sachverständigen-Gutachten zur Emissionslage des Betriebes erstellen zu lassen, um rechtlich einwandfrei abgesichert zu sein.

Der Staat legt dabei die Fristen für die Nachrüstung dieser kostenintensiven Maßnahmen fest. Spätestens Mitte 1999 müssen jedoch alle Maßnahmen abgeschlossen oder die Anlagen stillgelegt und entsorgt sein.

Nach einer Grobeinschätzung von ca. 250 besichtigten Anlagen gehen etwa 1/3 der ehemals vorhandenen Stallplatzkapazitäten - auch bei wohlwollender Betrachtung - wegen mangelnder Abstände zur privaten Wohnbebauung durch das BImSchG verloren.

Von der zu DDR-Zeiten vorhandenen Stallkapazität ist letzten Statistiken zu Folge nur noch etwa 1/3 in Produktion. Das sind nahezu alles Lohnarbeitsbetriebe. Unter marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten und bei Zugrundelegung des Durchschnittspreisniveaus der letzten zehn Jahre wird dort überwiegend Unternehmensverlust

---

Anschrift des Autors: Dipl.-Ing. agr. Landw. Ass. Friedrich Berkner, Schillerstr. 35, 35390 Gießen, Tel. 0641/34746

erwirtschaftet. Das bestätigt der erst kürzlich vorgelegte Agrarbericht der Bundesregierung, nach dem staatliche Hilfen 66 % der Gewinne in den neuen Bundesländern ausmachen.

In Betrieben mit Stroheinstreu-Haltungsverfahren dürfte der Punkt, an welchem Unternehmensgewinn erwirtschaftet wird, bei einem Erlös von ca. 100 - 125 DM für ein 20 kg Ferkel und ca. 300 - 320 DM für ein 100 kg Mastschwein liegen.

Damit nicht noch weitere Stallplatzkapazitäten - hier aus ökonomischen Gründen - verloren gehen, müssen derartige Betriebe also rationalisieren und auf einstreulose Haltungssysteme übergehen, wenn sie in der Marktwirtschaft überlebensfähig sein wollen.

Dieses erfordert jedoch zuerst ein Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG mit Offenlegung - also Einspruchsmöglichkeit der Öffentlichkeit. Neben den im Rahmen des BImSchG auf alle Betriebe zukommenden erheblichen Investitionen bedeutet dies einen zusätzlichen Zeitfaktor im Ablauf des Genehmigungsverfahrens. Weiterhin müssen alle Betriebe grobgeschätzten Erfahrungswerten nach nur für Isolierung, Heizung, Lüftung und Fäkalienlagerung

- in der Ferkelproduktion ca. 945 DM/Sauenplatz und
- in der Mastschweineproduktion ca. 210 DM/Mastplatz,

aufwenden, o h n e daß in funktionsfähigere Stalleinrichtung oder in die Umstellung bzw. Verbesserung des Systems für eine einstreulose Haltung investiert wird.

Tabelle 1: Investitionsbedarf je Sauen- bzw. Mastplatz für nötige Nachrüstung nach BImSchG (BERKNER).

	Ferkelproduktion	Mastschweinehaltung
Isolierung	120,-- DM	20,-- DM
Lüftung	300,-- DM	50,-- DM
Heizung	150,-- DM	95,-- DM
Güllelagerung	75,-- DM	45,-- DM
<b>Total:</b>	<b>945,-- DM</b>	<b>210,-- DM</b>

Zusätzlich zu diesen Mindesteinwirkungen auf die Ökonomie durch das BImSchG kann die Hygiene-Schweine-Haltungs-Verordnung künftig die Obergrenze der Produktionsstätten auf max. 600 Sauen ohne Reproduktion, 440 Sauen mit Nachzucht bzw. 2.500 Mastschweineplätze je Betrieb begrenzen und so zusätzlich die Rentabilität bestehender Anlagen erheblich gefährden.

Eine baldige radikale Abkehr vom Denken in Massenproduktion hin zur Qualitätsproduktion ist daher sowohl für die Beratung als auch für die Betriebsleiter dringend erforderlich und sollte Basis aller planerischen Überlegungen und Konsequenzen sein.

Dazu muß in der Reihenfolge der Wichtigkeit beachtet werden:

1. Das Lösungskonzept für ein verändertes Weiterbestehen der Betriebe muß vorrangig ein Sichern der Betriebsstätten nach dem BImSchG vorsehen.
2. Für ein weiteres Vorgehen hat sich in der **Ferkelproduktion** vorerst der Neuaufbau von leistungsfähigeren Stalleinheiten im Bereich Abferkeln und Ferkelaufzucht als notwendig erwiesen.

Stichworte für a l l e Stallumbauten sind:

- **Rationalisieren**, d. h., die jetzt frei wählbaren Technologien vor allem im Bereich Fütterung und Entmistung einsetzen,
- **Isolieren**, d. h., Verhindern der Wärmeverluste durch Außenwände und Stalldecke wegen mangelnder Wärmespeicherfähigkeit bzw. Wärmedurchgangszahl (k-Wert) durch Anbringen neuer Isolation.
- **Raumoptimieren**. Durch Einsatz frei wählbarer Haltungssysteme und Haltungstechniken lassen sich die Stallgebäude um bis zu 75 % intensiver nutzen. Das bedeutet eine Reduzierung der nötigen Stallgrundfläche um gut 1/3 sowie Wegfall von Berge- und Futterhallen. Damit lassen sich in vielen Betrieben die Forderungen des BImSchG nach vertretbaren Mindest-Abständen zur Wohnbebauung leichter verwirklichen.

Lösungsvarianten für den Abferkel- und Aufzuchtbereich zeigen die Abbildungen 1 und 2.

Aber auch im Bereich Wartestall und Besamungsstall müssen die Systeme erneuert und vor allem die Standbreiten der Einzelstände sowie die nötigen Freilaufräume an die Vorschriften der SHV (Schweine-Haltungs-Verordnung) angepaßt werden.

In der **Schweinemast** müssen im Rahmen einer veränderten Stufenproduktion Stalleinheiten für eine getrenntgeschlechtliche Mast im Kammsystem umgebaut oder neu geschaffen werden. Dabei muß berücksichtigt werden, daß die bedarfsgerechte Fütterung nach Eiweißanspruch für die entsprechenden Gewichtsabschnitte bei Trocken- und Flüssigfütterungssystemen eingeplant wird, da staatliche Reglementierungen diesbezüglich zu erwarten sind.

Die Abbildung 3 zeigt hierfür ein Lösungsmodell.

3. Die ehemalige Stufenproduktion muß konsequent neu geordnet (z. B. Änderung des Wochenrhythmus, neue Sauengruppengrößen) und bewahrt werden.

4. In allen Stallvarianten in Zucht und Mast erleichtern Lüftungsanlagen mit zentraler Abluftführung - möglichst mit Unterflurabsaugung - eine eventuell künftig gesetzlich vorgeschriebene Ammoniak-Schwachfilterung der Abluft und eine exaktere Bestimmung der Immissionsschwerpunkte.

Lösungsvarianten hierzu finden sich in den Abbildungen.

5. Zur **Finanzierung** muß nötigenfalls über die Extremlösung des kurzfristigen totalen Abbaus von Tiermaterial zum Freisetzen von Umlaufkapital nachgedacht werden, um damit und mit zusätzlichem Fremdkapital schnell leistungsfähigere,

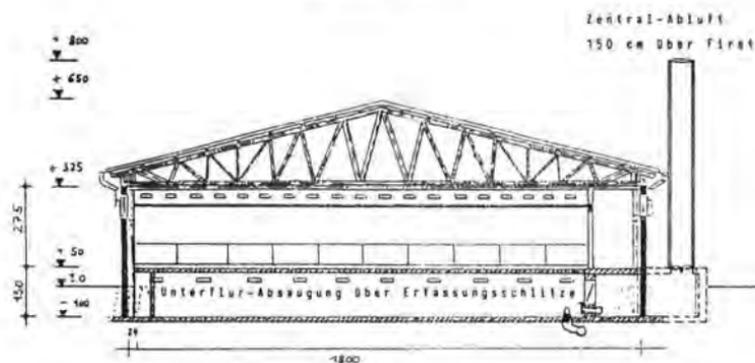
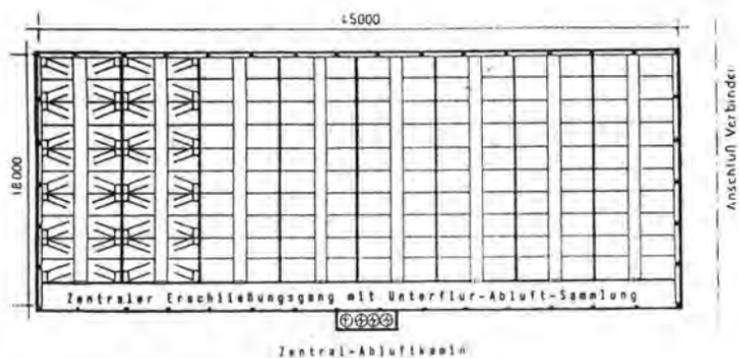
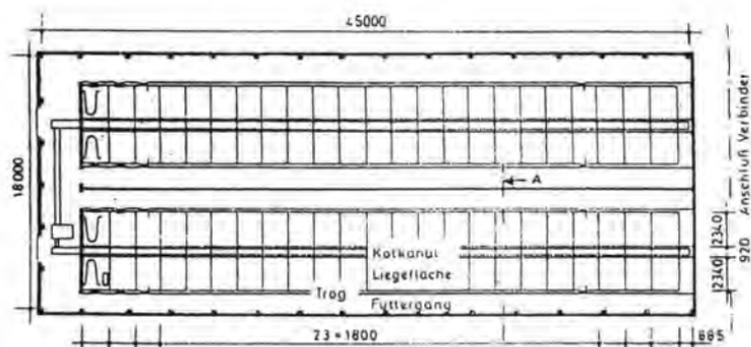


Abb. 1: Umbauvorschlag für einen Abferkelstall mit zwei Stallteilen und 92 Abferkelbuchten aus einem Typenprojekt mit 1.275 Produktivsauen (MOTHES, 1983) in einen Kammstall mit 160 Abferkelbuchten (BERKNER).



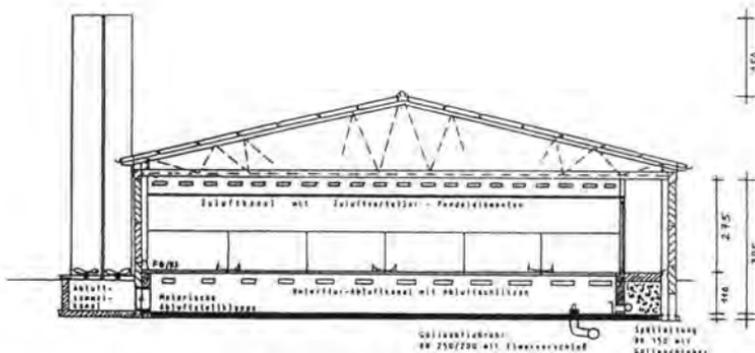
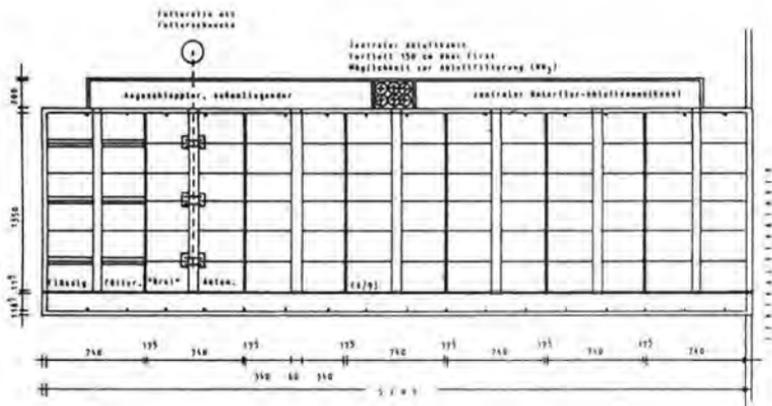
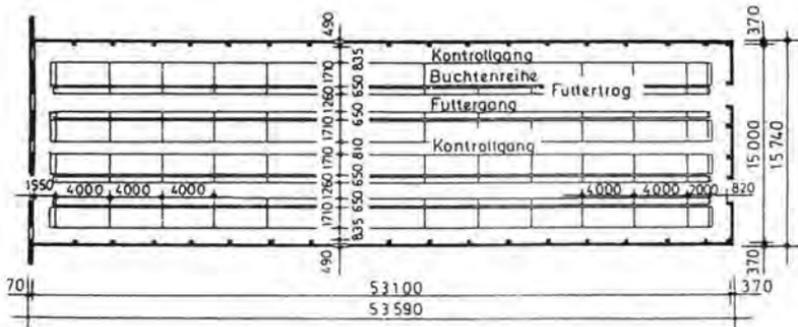


Abb. 3: Umbauvorschlag für einen Stall mit 600 Mastschweinen und mobiler Fütterung aus einem Typenprojekt für 6.000 Mastschweine (MOTHEIS, 1983) in einen Kammstall mit 840 Tieren bei Flüssigfütterung und 924 Tieren bei Trockenfütterung und jeweils  $0,68 \text{ m}^2/\text{Tier}$  Netto-Buchtenfläche (BERKNER)

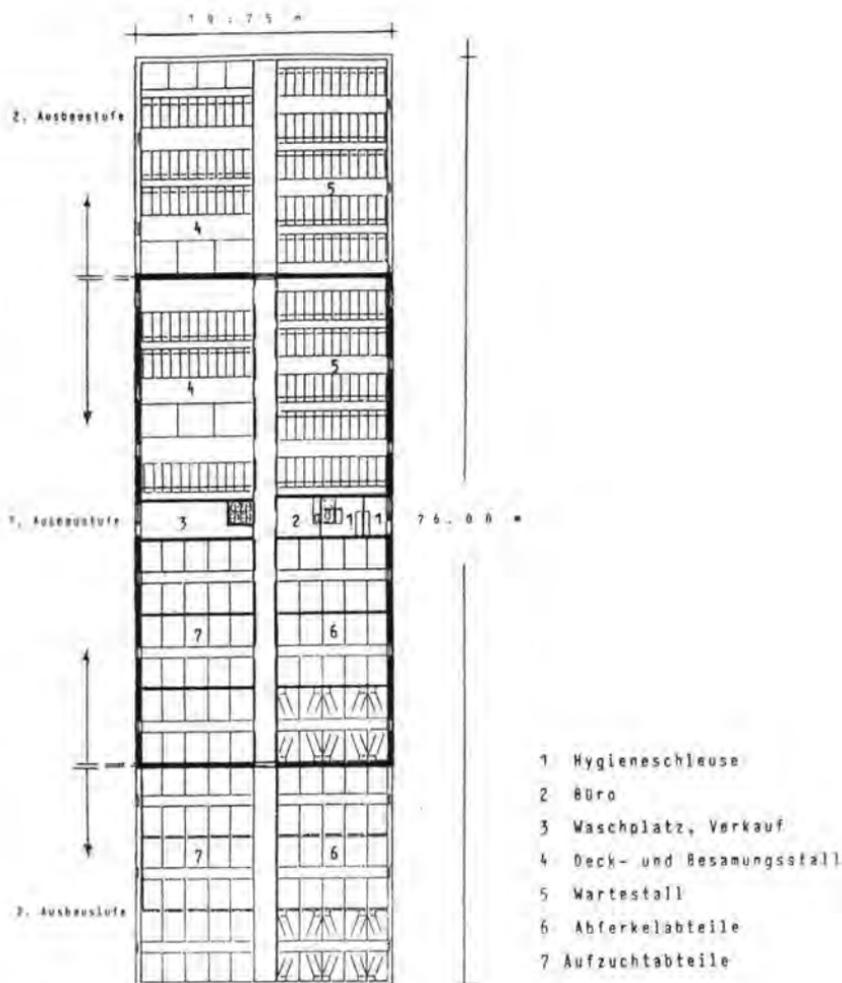


Abb. 4: Systemstall für die Ferkelproduktion (BERKNER)  
 Anfangsmodul: 110 Produktivsaue (Zwei-Wochen-Rhythmus)  
 Ausbaustufe: 220 Produktivsaue (Ein-Wochen-Rhythmus)

kleine Einheiten mit modernster Konzeption um- oder neu bauen zu können. Dazu jedoch müssen Fragen des Grundstückeigentums, der Erschließung und der Baugenehmigung nach dem BImSchG gelöst sein. Über entsprechende Konzepte wird viel zu spät und immer noch viel zu wenig nachgedacht!

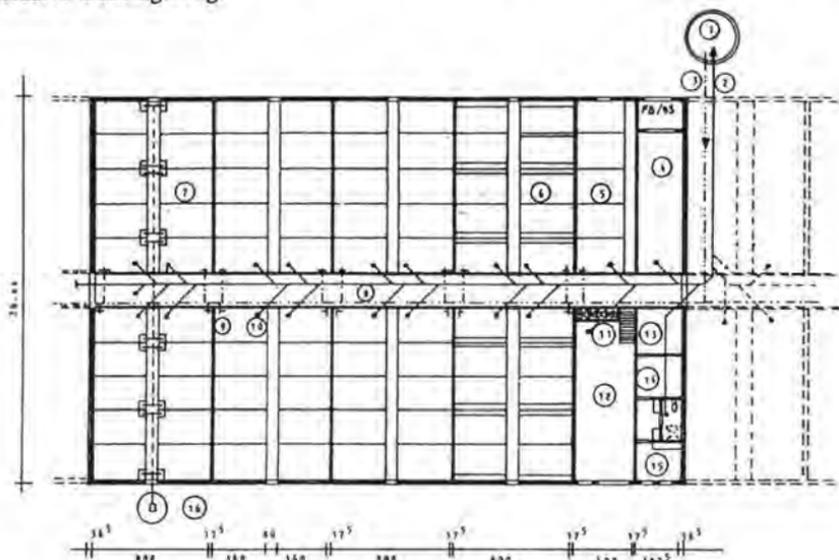
Eine Umlaufkapitalfinanzierung für den Neuanfang muß nicht nur im Interesse der Politiker und der Banken, sondern besonders im Interesse des Handels (z. B. Futtermittel- und Stalleinrichtungsindustrie) und der Vermarkter liegen, welche neue Schlachtstätten errichten.

Erste Ansätze hierzu zeigen sich - wenn auch sehr spät.

6. Parallel dazu kann dies zu einer kurzfristigen Trennung auch von gutem Personal (mit einer Option zur möglichen Wiedereinstellung) und zum weiteren endgültigen Abbau des schlechteren Personals führen.

Abschließend sollen Systembaumodelle für Zucht und Mast zum Neuaufbau der Produktion - die auch für Wiedereinrichter gelten - vorgestellt werden.

Hier liegen die Kosten in Abhängigkeit von erbrachten Eigenleistungsanteil jedoch bei 4.500 bis 6.500 DM je Sauenplatz bzw. bei 800 - 1.000 DM je Mastplatz inclusive Güllelagerung.



- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1 Vergroße mit Tauchschildpumpe   | 8 Zentraler Erreichungsgang        |
| 2 Gullablauf (20-Kehr DN 250)   | 9 Kollerschleier DN 150 aus 1,2x   |
| 3 Spülleitung (20-Kehr DN 150)  | 10 Gullablauf mit Einverschluss    |
| 4 Verkaufsfenster mit Waage   | 11 Zentraler Abluftkanal           |
| 5 Tränkebestell, Türrahmen  | 12 Raum für Fütterungsanlage       |
| 6 Stall mit Flüssigfütterung (Düwfröng)<br>(10 Tiere mit 0,74 m <sup>2</sup> je Bucht)            | 13 Gerüstraum, Energie             |
| 7 Stall mit Trockenfütterung (Bfal-futter-Automat)<br>(11 Tiere mit 0,74 m <sup>2</sup> je Bucht) | 14 Röhre                           |
|   | 15 Hygieneabfluss                  |
|   | 16 Futterstalle mit Spiralförderer |

Abb. 5: Systemstall für die Mastschweineproduktion (BERKNER) Doppel-Kammstall mit Stallabteilen für 110 Tiere mit Flüssigfütterung bzw. 120 Tiere mit Trockenfütterung und jeweils 0,69 m<sup>2</sup>/Tier Netto-Buchtenfläche.

## Literatur

MOTHES, E. (1983): Verfahren der Tierproduktion - Schweine. - VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.

## Schlußwort

Joachim Piotrowski

Sehr verehrte Damen und Herren!

Insbesondere: Sehr geehrter, lieber Herr Kollege Eichhorn!

Für einen alten Gießener Studenten, der fast auf den Tag genau vor 40 Jahren hier in der Aula der ehrwürdigen Justus-Liebig-Universität seine Urkunde als Diplom-Landwirt erhielt, ist es eine ganz besondere Ehre und Freude, das Schlußwort zu der 1. Internationalen Tagung „BAU UND TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZTIERHALTUNG“ sprechen zu dürfen.

Zuerst ist es am Ende einer so gelungenen Tagung ein von Herzen kommendes Anliegen sicher zugleich im Namen aller Teilnehmer, den Gestaltern dieser Tagung, vor allem Ihnen, lieber Kollege EICHORN einschließlich Ihrer gesamten Mannschaft von der LANDTECHNIK GIESSEN, ein herzliches Wort des Dankes zu sagen. Eingeschlossen in diesen Dank sind die Mitglieder des Programmausschusses, die Referenten, deren Zeitdisziplin ein Sonderlob verdient, die Diskussionsleiter und -teilnehmer, die Betriebsleiter der Exkursionsbetriebe sowie die Akteure des fulminanten „Hüttenberger Abends“.

Mit dieser Tagung haben Sie, unterstützt von VDI- und MEG-AGRARTECHNIK sowie dem KTBL in einem wohl abgestimmten Verbund der agrartechnischen Tagungen eine neue Fachtagungsreihe kreiert und befestigt, was sich seit geraumer Zeit als notwendig erwies. Bei allen Bemühungen um das Zusammenführen landtechnischer Tagungsaktivität ist es einfach erforderlich, neben der großen VDI/MEG-AGRARTECHNIK-Tagung, deren Schwerpunkt die Technik der Außenwirtschaft ist, für den Bereich „Bau und Technik in der Nutztierhaltung“ eine eigene Tagung mit „mehr Tiefe und Intensität“, wie es Dr. WELSCHOF zum Ausdruck brachte, als internationale Tagung einzurichten.

Damit wird dem Tatbestand Rechnung getragen, daß das Betriebsmittel „Wirtschaftsgebäude“ mit seiner Standortgebundenheit, seiner Einbindung in vielfältige und gewichtige Rechtsfelder, seiner Langfristigkeit, seiner außerordentlichen Kapitalintensität einschließlich der gebäudegebundenen und zugleich sehr unmittelbar tier- und umweltbezogenen Technik grundlegend andere Bedingungen stellt als etwa Schlepper, Mähdrescher oder Pflug. Dies kommt auch in der anderen Struktur der Wirtschaft in diesem Bereich zum Ausdruck, die in aller Regel über keine eigene Forschungskapazität verfügt. Insoweit ist es sinnvoll, solche Tagungen unmittelbar von einem der vergleichsweise wenigen Institute durchzuführen, die auf diesem

---

Anschrift des Autors: Ltd. Direktor Prof. Dr. Joachim Piotrowski, Institut für Landwirtschaftliche Bauforschung der FAL Braunschweig-Völkenrode, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.

Gebiet forschen. Gerade auch wegen der anders strukturierten Klientel, bei der Landwirte, Landbaumeister, Architekten, Bauberater, Inhaber und Mitarbeiter kleiner bis mittlerer Firmen und gottlob auch eine Reihe zum Teil noch junger Forscher die Haupt-Interessengruppen darstellen, hängen Beteiligung und Erfolg solcher Tagungen nicht zuletzt auch davon ab, daß dabei finanziell „die Kirche im Dorf“ bleibt. Dies ist Ihnen hier in Gießen trotz des excellenten „Hüttenberger Abends“ gelungen.

Diese Tagung konnte sicher z. T. aufbauen auf den früheren Weihenstephaner und Völkenroder Bautagen, die aber noch nicht als internationale Tagungen ausgelegt waren. So war vor 2 Jahren die Veranstaltung in Völkenrode unmittelbar nach der Wiedervereinigung mehr als „Familientreffen“ der Fachleute auf diesem Gebiet aus den neuen und alten Bundesländern gedacht. Im Verbund mit VDI-AGR, MEG und KTBL ist dagegen hier eine Tagung mit internationaler Beteiligung gelungen, was in einem kleiner werdenden Europa aber größer werdenden und nur gemeinsam zu bewältigenden Problemen zu begrüßen ist.

Insoweit ist es besonders erfreulich, schon heute - nach intensiven Gesprächen während dieser Tagung - ankündigen zu dürfen, daß beabsichtigt ist, die nächste Tagung dieser Art durch gemeinsame Bemühungen der Kollegen des Instituts für Agrartechnik in Potsdam-Bornim und des Instituts für Nutztierhaltung der Humboldt-Universität Berlin voraussichtlich Mitte März 1995 im Raum Berlin durchzuführen.

Die Tagung hier in Gießen selbst hat sehr deutlich gezeigt, daß unter den schwieriger werdenden Rahmenbedingungen ohne jeweils betriebsspezifisch angepaßte Anwendungen der heute aus dem Bereich „Bau und Technik“ verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen die landwirtschaftliche Nutztierhaltung weder heute noch morgen umweltverträglich, arbeits- und tiergerecht und gleichwohl wirtschaftlich durchzuführen ist.

In weitem Bogen haben Sie, lieber Kollege EICHHORN, eingangs aus der Sicht des Verfahrenstechnikers die Entwicklung der Wirtschaftsgebäude- und Haltungssysteme aufgezeigt, die nicht zuletzt durch die Arbeiten hier in Gießen in wesentlichen Bereichen maßgeblich beeinflußt wurden, und Perspektiven unter besonderer Beachtung EDV-gesteuerter Verfahren abgeleitet. - SEUFERT hat dann auf die tiefgreifenden Auswirkungen der Gesetzgebung auf den Unternehmergewinn in der Nutztierhaltung hingewiesen und eine verbesserte Datengrundlage als Voraussetzung für eine möglichst kostenneutrale Anpassung insbesondere an Umweltauflagen gefordert. - So stand dann auch die Diskussion umweltverträglicher und tierangepaßter Haltungssysteme schon von der Zahl der Vorträge her im Mittelpunkt dieser Tagung. In diesem Zusammenhang erlangte die Erörterung der Methoden zur Emissionsfeststellung und -wertung wie Maßnahmen zur Klimagestaltung und Emissionsminderung besonderes Gewicht. - Neuere Methoden zur Bewertung der Umweltrelevanz von Haltungsverfahren ermöglichen verbreiterte Erkenntnisse, erfordern aber noch erhebliche Anstrengungen, um zu abgesicherten quantitativen Ergebnissen zu kommen. Umfassende ökologische sowie ökonomische Bewertungen ganzer Haltungssysteme bedürfen interdisziplinär geführter, exakter Vergleichsversu-

che unter streng definierten Laborbedingungen, wie an einem ersten Beispiel für die Mastschweinehaltung gezeigt.

Mit der Weiterentwicklung der Technik für eine bedarfsangepaßte Fütterung kann ein wesentlicher Beitrag zur Reduzierung der Emissionen insbesondere in der Schweinemast geleistet werden. Ansätze, wie sie etwa mit der EDV-gesteuerten Nuckel-Abruffütterung vorgestellt wurden, erfordern zugleich aber technische Anpassungen etwa von Flüssigfütterungsanlagen in Hinblick auf die Viskosität des Futters. - Die Darstellung der Strömungsvorgänge in Tierhaltungssystemen ist als Voraussetzung für eine optimale, emissionsarme, zunehmend rechnergestützte Klimagestaltung zu sehen.

Zur Versachlichung der Umweltdiskussion war es nützlich, in einem Beitrag sich mit Wirkungsweise und Bedingungen der Biofilter auseinanderzusetzen, gerade weil sie - von Spezialfällen abgesehen - mit Sicherheit noch nicht zum Stand der Technik wirtschaftlich zu führender Haltungssysteme gezählt werden können. - Ebenso verdienstlich war es, die bisherigen Ergebnisse aber auch die offenen Fragen und Probleme vorzustellen, die sich bei dem insgesamt noch nicht befriedigenden Einsatz des sog. Biobetts in Altgebäuden bei größeren Mastschweinebeständen ergeben haben.

Neben umweltrelevanten Fragen wurden neuere Untersuchungsergebnisse in Bezug auf tierangepaßte Haltungssysteme für Rinder und Schweine vorgestellt. Zwei Vorträge befassten sich mit dem Einsatz prozeßrechnergesteuerter Kälber-Tränkeautomaten. Übereinstimmung auch in der Diskussion bestand, daß damit einfache, nicht gedämmte Gebäude für eine tiergerechte Gruppenhaltung, unter bestimmten Bedingungen auch arbeitserleichternd, genutzt werden können, daß aber dem erhöhten Keimdruck mit sehr gut durchlüfteten Ställen - natürlich ohne „Zug“ - entgegengewirkt werden muß.

Anhand umfangreichen Materials wies BOCKISCH nach, daß die Laufgangausführung von Kuhställen beachtliche Auswirkungen auf Tiergesundheit und Leistung haben können. Ähnliche Leistungsdepressionen ergaben sich bei unterschiedlichen Einstreu-Verfahren in der Mastschweinehaltung, hier aber als Folge vor allem unterschiedlicher Wärmebelastung bei sommerlichen Temperaturen. Aus der Schweiz wurde ein modifiziertes Schweine-Nest zur Nutzung einfacher, nicht gedämmter Ställe vorgestellt, aus Gießen Untersuchungen der Gruppenhaltung von Sauen im Abferkelbereich zur Erleichterung der Altgebäudenutzung. Dem steigenden Interesse an der Einrichtung kostensparender Auslaufhaltung im Bereich der Rindviehhaltung entsprach eine Grundlagenuntersuchung zur Frage des Einflusses von Klima und Flächenangebot auf die Auslaufnutzung. Abgeschlossen wurde die Tagung durch Darstellungen zum Stand und weiteren Lösungsansätzen der Prozeßtechnik in der Tierhaltung sowie zu den speziellen Problemen der Umgestaltung von Tierhaltungsanlagen in Ungarn und in den neuen Bundesländern.

Diese 1. internationale Tagung „Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ wurde vielfach geprägt durch Ihre Handschrift, lieber Kollege EICHORN. Sie haben erstmals vor 31 Jahren an einem deutschen landtechnischen

Institut das Fachgebiet „Technik und Gebäude für Nutztiere“ eingeführt und seitdem - im Rahmen einer selten gewordenen universellen Beherrschung des Gesamtgebietes LANDTECHNIK - dieses Fachgebiet in Lehre und Forschung maßgeblich weiterentwickelt. Zum Ausklang Ihrer langjährigen Tätigkeit als Institutsleiter des Instituts für Landtechnik in Gießen war diese Tagung ein würdiges Finale dieser Ihrer Bemühungen. Diesem Anliegen dienten sie 17 Jahre lang als Vorsitzender der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik, 22 Jahre als Vorsitzender des DLG-Ausschusses für Technik in der Tierproduktion und in vielfältigen nationalen und internationalen Kooperationen. - Dabei war stets Ihr Bemühen, Menschen unterschiedlicher fachlicher wie persönlicher Provenienz zum Nutzen einer arbeits- und tiergerechten, einer umweltfreundlichen und dennoch wettbewerbsfähigen Landwirtschaft zusammenzuführen.

Woher kommt nun, so habe sicher nicht nur ich mich gefragt, diese besondere, diese EICHHORN'sche Fähigkeit hierzu? - 1927 in Thüringen geboren und auf einem Gutsbetrieb an der Saale aufgewachsen lernten Sie schon früh als Landwirtssohn kennen, was THEODOR BRINKMANN als die Kunst des Landwirts bezeichnet hat, die differenzierenden wie die integrierenden Kräfte in der Landwirtschaft bestmöglich zu verknüpfen.

Nach Ihrem Studium in Jena und in Weihenstephan war es insbesondere Prof. BRENNER, bei dem Sie nicht nur promovierten und habilitierten, der zugleich als „väterlicher Mäzen“ großen Einfluß auf Ihre Entwicklung nahm. Neben ihm war es dann Prof. KÖSTLIN - mein Vorgänger im Amt - mit dessen Unterstützung Sie 1962 das Fachgebiet „Technik und Gebäude für Nutztiere“ in Weihenstephan erstmals einrichteten. - Wenig später durfte ich Sie und die ersten von Ihnen in Süddeutschland mit geprägten Boxenlaufställe kennenlernen. Seitdem verbindet uns und unsere Institute eine freundschaftliche, und ich darf sicher auch feststellen, eine fruchtbare Zusammenarbeit.

In Gießen intensivierten Sie dann ab 1971 Ihre Bemühungen um ein kostensparendes, tierangepaßtes Bauen - zunächst für die Rindviehhaltung. Dann aber schufen Sie gemeinsam mit Ihren Mitarbeitern mit der 4-Teilung der Zuchtsauenhaltung eine bahnbrechende verfahrenstechnische Entwicklung, ja eine eigene Schule. Dabei blieben Sie, wie auf dem gestrigen „Hüttenberger Abend“ auch künstlerisch belegt wurde, stets praxisgerecht! - Zugleich wandten Sie und Ihre Mitarbeiter sich neben einer Fülle aktueller Aufgabenstellungen schon sehr frühzeitig den Fragestellungen einer umweltverträglichen Tierhaltung und nicht zuletzt der Beherrschung der Gülle zu.

Wie kann heute ein Hochschullehrer noch Generalist seines gesamten Fachgebiets sein, zugleich aber darin auf sehr unterschiedlichen Feldern Spezielles mit Erfolg vorantreiben? - Wie vermag er viele junge Leute um sich zu scharen, sie mit Erfolg zur Promotion und Habilitation zu bringen, zugleich bedeutende Ehrenämter zu bekleiden, wichtige Kooperationen im Ausland zu knüpfen, immer wieder Zusammenarbeit anzuregen, dabei außerordentlich hilfsbereit und verlässlich zu sein, und dennoch nie gehetzt wirken, im Gegenteil innere Ruhe und aktive Gelassenheit

vermitteln? - Es ist vielleicht weniger das „Innenleben mit Komfort“, vielmehr ein sehr starkes inneres Fundament, das Sie befähigt, viele Lasten, die Ihnen auferlegt waren und die Sie annahmen, mit großer Ausstrahlungskraft zu tragen.

Eines Ihrer Geheimnisse freilich haben Sie gestern auf dem Hüttenberger Abend gelüftet: Daß Sie nämlich bei all' Ihrer souveränen Ruhe, wenn es darauf ankommt - wie etwa bei der Verabschiedung der liebreizenden „Hessegrittcher“ von der Bühne - blitzschnell und beherzt „zuschlagen“ können! Alle Achtung! -

Lieber Herr Kollege EICHHORN: Sie haben sich um „Bau und Technik in der Tierhaltung“ in Forschung und Lehre und um die Integration der Agrartechnik in der Tat verdient gemacht! - Wir danken aber nicht nur dafür, daß Sie dies alles getan haben, sondern vor alle auch, wie Sie es getan haben! - Am Ende dieser „Ihrer“ Tagung, zum Ausklang Ihrer so fruchtbaren Institutsleitertätigkeit in Gießen verbinden wir mit einem herzlichen Dank ein ebenso herzliches „Glückauf“ für Ihren weiteren persönlichen und mit Sicherheit auch weiterhin der Landwirtschaft und der Landtechnik dienenden Weg!



## Teilnehmerverzeichnis

**Abel, Jens, Dipl.-Ing.**  
Fachhochschule Kiel  
Fachbereich Landbau  
Am Kamp 11  
24783 Rendsburg/Osterrönfeld

**Amon, Thomas, Dipl.-Ing.**  
Universität für Bodenkultur in Wien  
Inst. für Landtechnik und Energiew.  
Peter-Jordan-Str. 82  
A-1190 Wien  
ÖSTERREICH

**Bauer, Roland, Dr.**  
TU München  
Institut für Landtechnik  
Vöttinger Str. 36  
85354 Freising-Weißenstephan

**Berentzen, Michael**  
Fachhochschule Kiel  
Fachbereich Landbau  
Am Kamp 11  
24783 Osterrönfeld

**Berkner, Friedrich, Dipl.-Ing.**  
Berkner-Agrotechnik  
Schillerstraße 35  
35390 Gießen

**Bockisch, Franz-Josef, PD Dr. habil.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Landtechnik  
Braugasse 7  
35390 Gießen

**Börger, Alois**  
BÖRGER-Pumpen GmbH  
Benningsweg 24  
46325 Borken - Weseke

**Borgmann, Hans-Joachim, Dipl.-Ing.**  
STEINZEUG GmbH  
Max-Planck-Str. 6  
50853 Köln - Marsdorf

**Boxberger, Josef, Prof. Dr. Dr. habil.**  
Universität für Bodenkultur in Wien  
Institut für Landtechnik und Energiew.  
Landtechnik  
Peter-Jordan-Str. 82  
A-1190 Wien  
ÖSTERREICH

**Braun, Sabine, Dipl.-Ing.**  
KTBL  
Bauwesen, Tierhaltung  
Bartningstraße 49  
64289 Darmstadt

**Brehme, Angelika, Dr.**  
KAI e. V.  
Kälberhaltung  
LVAT Gross Kreuz  
Jägerstraße 22-23  
O-1086 Berlin

**Brehme, Ulrich, Dr.**  
Institut für Agrartechnik Bornim e. V.  
ATB  
Technik in der Tierhaltung  
Max-Eyth-Allee 1  
14469 Potsdam-Bornim

**Brunsch, Reiner, Dr.**  
Humboldt-Universität  
FB Agrar- und Gartenbauwesen  
Institut für Nutztierhaltung  
Invalidenstraße 42  
10115 Berlin

**Buir, Johannes, Prokurist**  
STEINZEUG GmbH  
Max-Planck-Str. 6  
50858 Köln - Marsdorf

**Büschler, Wolfgang, Dr.**  
Universität Hohenheim  
Institut für Agrartechnik  
Verfahrenstechnik in der  
Tierproduktion  
Garbenstraße 9  
70599 Stuttgart

**Cremer, Peter, Dipl.-Ing.**  
RWE Energie Aktiengesellschaft  
Abteilung Anwendungstechnik  
Kruppstraße 5  
45128 Essen

**Damm, Theo, Dr.-Ing.**  
Landwirtschaftskammer Westfalen-  
Lippe  
Technik und Bauwesen  
Ref. 224  
Schorlemerstr. 26  
48143 Münster

**Eichhorn, Horst, Prof. Dr.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Landtechnik  
Braugasse 7  
35390 Gießen

**Esch, Heinrich Hermann, Dipl.-Ing.**  
Rattstadter Str. 21  
73479 Ellwangen

**Eschenbacher, Peter, Dipl.-Ing.**  
Hessische Landgesellschaft mbH  
Siedlungsabteilung  
Wilhelmshöher Allee 157-159  
34121 Kassel

**Franke, Gerd, Dipl.-Ing.**  
Hessisches Landesamt für  
Regionalentwicklung und Landwirtschaft  
Kölnische Str. 48-50  
34117 Kassel

**Frisch, Jürgen, Dr.**  
Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik  
Bartningstr. 49  
64289 Darmstadt

**Gego, Arno, Prof. Dr.-Ing.**  
AIX-CONSULT GmbH  
Schloss-Schoenau-Str. 4  
52072 Aachen

**Gewers, Petra**  
Dorf-Güller-Str. 17  
35415 Pohlheim

**Gißler, Willi**  
Stallit-Werke  
Gottlieb-Daimler-Str. 14  
78224 Singen

**Griebel, Josef, Dr.**  
Wehrbereichsverwaltung I  
Dezernat IV A5  
Feldstr. 234  
24106 Kiel

**Groh, Gerd, Dr.**  
Rue 5, Francois Faber  
L-1509 Luxemburg  
LUXEMBURG

**Gröling, Ewald**  
Hess. Landgesellschaft mbH  
Bauabteilung  
Wilhelmshöher Allee 157 - 159  
34121 Kassel

**Gründer, Hans-Dieter, Prof. Dr.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Med. und Gerichtl. Veterinärmedizin  
II  
Innere Krankheiten der Wiederkäuer  
Frankfurter Str. 110  
35392 Gießen

**Gülde, Jens**  
b & s Unternehmensberatung GmbH  
Abteilung Beratung  
Werkstättenstraße 31  
04439 Engelsdorf

**Guth, Nicky, Dipl.-Ing.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Landtechnik  
Braugasse 7  
35390 Gießen

**Hagemann, Dirk, Dr.**  
Humboldtstr. 9d  
39112 Magdeburg

**Hagenloch, Albert, Prof.**  
Fachhochschule Nürtingen  
Fachbereich Landwirtschaft  
Neckarsteige 10  
72622 Nürtingen

**Haidn, Bernhard, Dr.**  
Bayerische Landesanstalt für  
Landtechnik  
Abteilung Stallssysteme  
85354 Freising

**Hartmann, Wilfried, Dr.**  
FAL Braunschweig  
Institut für landwirtschaftliche  
Bauforschung  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig

**Hecht, Hans, Dipl.-Ing.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Landtechnik  
Braugasse 7  
35390 Gießen

**Heege, Hermann-J., Prof. Dr.**  
Universität Kiel  
Institut für Landw. Verfahrenstechnik  
Olshausenstr. 40  
24118 Kiel

**Heinrichs, Peter, Dipl.-Ing.**  
Universität Kiel  
Institut für Landw. Verfahrenstechnik  
Max-Eyth-Straße 6  
24118 Kiel

**Hess, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.**  
Universität Kiel  
Institut für Landw. Verfahrenstechnik  
Olshausenstr. 40  
24118 Kiel

**Hesse, Dirk, Dr.**  
FAL Braunschweig  
Institut für landwirtschaftliche  
Bauforschung  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig

**Hörnig, Günter, Prof. Dr.**  
Institut für Agrartechnik Bornim e. V.  
ATB  
Technik in der Tierhaltung  
Max-Eyth-Allee 1  
14469 Potsdam-Bornim

**Hügler, Thomas, Dr.**  
Universität Kiel  
Institut für Landw. Verfahrenstechnik  
Olshausenstr. 40  
24118 Kiel

**Humer, Manfred, Ing.**  
Schauer Maschinenfabrik GmbH & CoKG  
Technische Verkaufsunterstützung  
Prambachkirchen 41  
A-4731 Prambachkirchen  
ÖSTERREICH

**Hünseler, Hansjakob, Ministerialrat**  
BM für Ernährung, Landwirtschaft  
und Forsten  
Abteilung 3  
Postfach 14 02 70  
W-5300 Bonn 1

**Jösting, Reinhard**  
CLIMATEST Agrarberatung  
Am Tonschacht 5  
49152 Bad Essen

**Jungbluth, Thomas, Prof. Dr.**  
Universität Hohenheim  
Institut für Agrartechnik  
Verfahrenstechnik in der Tierproduktion  
Garbenstraße 9  
70599 Stuttgart

**Kamps, H., Dr.**  
ALRL  
Alter Graben 6 - 10  
63571 Gelnhausen

**Karle, Dieter**  
Regierungspräsidium Tübingen  
Abt. 33-13  
Konrad-Adenauer-Str. 20  
72072 Tübingen

**Kaufmann, Otto, Prof. Dr.**  
Humboldt-Universität  
FB Agrar- und Gartenbauwesen  
Institut für Nutztierhaltung  
Invalidenstraße 42  
10115 Berlin

**Kaufmann, Robert, Dipl.-Ing.**  
Eidgenössische Forschungsanstalt für  
Betriebswirtschaft und Landtechnik  
Sektion Hoftechnik  
CH-8356 Tänikon  
SCHWEIZ

**Kessel, Hans Werner, Dipl.-Ing.**  
Arbeitsgemeinschaft für  
Elektrizitätsan-  
wendung in der Landwirtschaft e. V.  
AEL  
Postfach 10 31 65  
W-4300 Essen 1

**Keszthelyi, Tibor, Dr.**  
Agrarw. Universität Gödöllő  
Fakultät für Landtechnik  
Mechanik und Gestaltung von  
Maschinen  
Pater U. K. 1  
H-2103 Gödöllő  
UNGARN

**Kießling, Barbara**  
TU München  
Institut für Landtechnik  
Am Staudengarten 3  
85354 Freising-Weißenstephan

**Kirchner, Monika, Dr.**  
KTBL  
Bauwesen, Ländlicher Raum,  
Tierhaltung  
Bartningstraße 49  
64289 Darmstadt

**Klement, Guido, Dipl.-Ing.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Landtechnik  
Braugasse 7  
35390 Gießen

**Klepper, Ulf, Dipl.-Ing.**  
Fristamat GmbH  
Ventilatoren und Belüftungssysteme  
Pinneberger Str. 34  
25451 Quickborn

**Knechtges, Hermann, Prof. Dr.-Ing.**  
Fachhochschule Nürtingen  
Schelmenwasen 4-8  
72622 Nürtingen

**Koch, Lothar, Dr.**  
Hessisches Bildungsseminar für die  
Agrarverwaltung  
Rauischholzhausen  
35085 Ebsdorfergrund

**Konitzki, Bernd, Dipl.-Ing.**  
Ministerium für Ernährung, Landwirtsch.  
und Forsten des Landes Brandenburg  
Heinrich-Mann-Allee 107  
14473 Potsdam

**Konradshelm, Albrecht;**  
TU München  
Institut für Landtechnik  
Am Staudengarten 3  
85354 Freising-Weißenstephan

**Kopp, Heinz G., Dr.**  
COMPLAN Unternehmensberatung GmbH  
Grüner Weg 7  
61231 Bad Nauheim

**Kraemer, Harald, Dipl.-Ing.**  
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft  
Abteilung Innenwirtschaft  
Max-Eyth-Weg 1  
64823 Groß-Umstadt

**Kramer, Siegfried, Dr.**  
Fa. H. Wilhelm Schaumann  
Abteilung Stallberatung  
An der Mühlenau 4  
25421 Pinneberg

**Krause, Karl-Heinz, Dr.-Ing.**  
FAL Braunschweig  
Institut für Biosystemtechnik  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig

**Kremp, Hans-Joachim, Dr.-Ing.**  
AT Landmaschinen-Handels GmbH  
Leipzig  
ZNL Nauen  
Abteilung Innenwirtschaft  
Zu den Luchbergen  
14641 Nauen

**Küfner, Jacqueline, Dipl.-Ing.**  
Bayerische Landesanstalt für  
Betriebswirtschaft und Agrarstruktur  
Infanteriestr. 1  
80797 München

**Kukoschke, Britta**  
FAL Braunschweig  
Institut für landwirtschaftliche  
Bauforschung  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig-Völkenrode

**Lau, Kirsten, Dipl.-Ing.**  
Universität Bonn  
Institut für Landtechnik  
Nußallee 5  
53115 Bonn

**Lehmann, Bernd, Dr.**  
GHS Kassel  
Institut für Agrartechnik  
Nordbahnhofstraße 1a  
37213 Witzenhausen

**Lehnert, Torsten**  
KTBL-Berlin  
Gundelfinger Str. 4  
10318 Berlin

**Lindemann, Ernst, Prof. Dr. habil.**  
Humboldt-Universität  
Institut für Nutztierhaltung  
Philippstr. 13  
10115 Berlin

**Lüpfert, Thomas, Dr.-Ing.**  
Humboldt-Universität  
FB Agrar- und Gartenbauwesen  
Institut für Nutztierhaltung  
Invalidenstraße 42  
10115 Berlin

**Mannebeck, Bernhard**  
Mannebeck Landtechnik GmbH  
Entwicklung  
Alter Postdamm 121  
48465 Quendorf

**Mannebeck, Dieter, Dipl.-Ing.**  
Mannebeck Landtechnik GmbH  
Marketing  
Alter Postdamm 121  
48465 Quendorf

**Mannebeck, Dorothee, Dipl.-Ing.**  
Universität Kiel  
Institut für Landw. Verfahrenstechnik  
Olshausenstr. 40  
24118 Kiel

**Martin, Madeleine, Dr.**  
Hessisches Ministerium für  
Jugend, Familie und Gesundheit  
Landestierschutzbeauftragte  
Dostojewskistraße 4  
65187 Wiesbaden

**Matzen, Richard, Dr.**  
Universität Kiel  
Institut für Landw. Verfahrenstechnik  
Olshausenstr.40  
24118 Kiel

**Metzner, Rainer, Dr.**  
KTBL  
Redaktion Landtechnik  
Bartningstraße 49  
64289 Darmstadt

**Müller, Arwed, Ministerialrat**  
Ministerium f. Ländl. Raum, Ernährung,  
Landwirtschaft und Forsten  
Abteilung Landwirtschaft  
Postfach 10 34 44  
W-7000 Stuttgart 10

**Müller, Hans-Joachim, Dr.-Ing.**  
Institut für Agrartechnik Bornim e. V.  
ATB  
Technik in der Tierhaltung  
Max-Eyth-Allee 1  
14469 Potsdam-Bornim

**Neumayer, Hubert**  
KUBE Kunkel GmbH & Co.  
Abteilung Verkauf  
Kristinusstr. 26  
89296 Weiler/Allg.

**Niethammer, Friedrich, Dipl.-Ing.**  
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft  
Abteilung Innenwirtschaft  
Max-Eyth-Weg 1  
64823 Groß-Umstadt

**Niklaus, Helmut, Dr.**  
Landwirtschaftliche  
Unternehmensberatung  
H. Schremmer und Partner  
Spezialberatung Schweineproduktion  
Postfach 63  
18196 Pankelow

**Oldenburg, Jörg, Dr.**  
Universität Kiel  
Institut für Landw. Verfahrenstechnik  
Olshausenstr. 40  
24118 Kiel  
**Otto, Georg, Prof. Dr.**  
Institut für Agrartechnik e. V.  
ATB  
Technik in der Tierhaltung  
Max-Eyth-Allee 1  
14469 Potsdam - Bornim

**Piotrowski, Joachim, Prof. Dr.**  
FAL Braunschweig  
Institut für landwirtschaftliche  
Bauforschung  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig

**Pirkelmann, Heinrich, Dr.**  
Bayerische Landesanstalt für  
Landtechnik  
Vöttinger Straße 36  
85354 Freising-Weihenstephan

**Pönigk, Detlef, Dipl.-Ing.**  
MLU Halle - Wittenberg  
Landwirtschaftliche Fakultät  
Institut für Agrartechnik  
Ludwig-Wucherer-Str. 81  
06108 Halle

**Prinzessin von Sachsen-Coburg  
und Gotha,**  
Victoria, Dr.  
Unter den Linden 10  
29364 Langlingen

**Przybilla, Peter, Dr.**  
Hessische Landesanstalt für Tierzucht  
Neu-Ulrichstein  
35315 Homberg/Ohm

**Ratschow, Jens-Peter, Dr.**  
Landwirtschaftskammer Westfalen-  
Lippe  
Gruppe: Technik und Bauwesen  
Schorlemerstr. 26  
48143 Münster (Westf.)

**Reich, Bernhard, Dipl.-Ing.**  
Hess. Ministerium für Landesentw.,  
Wohnen, Landw., Forsten u. Naturschutz  
Abteilung IV  
Hölderlinstr. 1-3  
65187 Wiesbaden

**Reinz, Richard, Dipl.-Ing.**  
Veterinäruntersuchungsamt Thüringen  
Veterinär- und Lebensmittelinstitut  
SG Tierschutz/Tierhygiene  
Tennstedter Str. 9  
99947 Bad Langensalza

**Riesselmann, Werner**  
Big Dutchman GmbH  
Verkauf  
Postfach 11 63  
49377 Vechta

**Rose, Estrid**  
KTBL-Berlin  
Gundelfinger Str. 4  
10318 Berlin

**Rosenberger, Astrid**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Tierzucht und Haustiergenetik  
Ökologie der Nutztiere  
Ludwigstr. 21  
35390 Gießen

**Rudovsky, Annerose, Dr.**  
MLU Halle Wittenberg  
Landwirtschaftliche Fakultät  
Institut für Agrartechnik  
Ludwig-Wucherer-Str. 81  
06108 Halle

**Schade, Karl, Dipl.-Ing.**  
Landwirtschaftskammer Rheinland  
Gruppe 23 - Technik und Bauwesen  
Endenicher Allee 60  
53115 Bonn

**Schady, Walter, Dr.**  
MLU Halle-Wittenberg  
Institut für Agrartechnik  
Abt. Landwirtschaftliches Bauwesen  
Ludwig-Wucherer-Str. 81  
06108 Halle

**Scheld, Jürgen**  
Alten-Busecker-Weg 101  
35418 Buseck

**Schleitzer, Gerhard, Prof. Dr.**  
Universität Leipzig  
Fachbereich Agrarwissenschaften  
Abteilung Technologie  
Johannesallee 20  
04317 Leipzig

**Schlimm, Markus**  
Rodheimer-Str. 104  
35452 Heuchelheim

**Schmidt, Gabriele, Dr.**  
Universität Leipzig  
Fachbereich Agrarwissenschaften  
Abteilung Technologie  
Johannesallee 20  
04317 Leipzig

**Schneider, Bernhard, Dr.**  
HEA e.V.  
Am Hauptbahnhof 12  
60329 Frankfurt

**Schön, Hans, Prof. Dr.**  
TU München  
Institut für Landtechnik  
Vöttinger Str. 36  
85354 Freising-Weihenstephan

**Schwarz, Hans-Peter, Dr.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Landtechnik  
Braugasse 7  
35390 Gießen

**Sens, Klaus-Dieter, Dipl.-Ing.**  
Hessisches Landesamt für  
Regionalentwicklung und  
Landwirtschaft  
Verfahrenstechnik  
Kölnische Str. 48-50  
34117 Kassel

**Seufert, Hermann, Prof. Dr. habil.**  
Hessisches Landesamt für  
Regionalentwicklung und  
Landwirtschaft  
Kölnische Str. 48-50  
34117 Kassel

**Simbürger, Armin, Dr.-Ing.**  
VDI-AGR  
Graf Recke Str. 84  
40239 Düsseldorf

**Staudigl, Herbert, Dipl.-Ing.**  
Niederösterreichische Landes-  
Landwirtschaftskammer  
Tierzucht-Abteilung  
Postfach 124  
Löwelstraße 16  
A-1014 Wien  
ÖSTERREICH

**Streitmann, György, Dipl.-Ing.**  
Gate Gödöllő  
Abteilung Energieversorgung  
Premontrei Ut 1  
H-2103 Gödöllő  
UNGARN

**Stumpenhausen, Jörn, Dr.**  
Lemmer-Fullwood GmbH  
Wahlscheid, Oberstehöhe  
53797 Lohmar

**Swoboda, Manfred, Dipl.-Ing.**  
Niederösterreichische Landes-  
Landwirtschaftskammer  
Abteilung Maschinen  
Postfach 124  
Löwelstraße 16  
A-1014 Wien  
ÖSTERREICH

**Szücs, Miklós, Dipl.-Ing.**  
Agrarwiss. Universität Gödöllő  
Lehrst. f. Architektur u. Umweltplanung  
Abt. Planungsprobleme, Bauweisen  
Postfach 3 03  
Pater K. U. 1  
H-2103 Gödöllő  
UNGARN

**Thurm, Richard, Prof. Dr.**  
Märkische Allee 116  
12681 Berlin

**Tröger, Fritz, Prof. Dr. habil.**  
Universität Leipzig  
Agrarwissenschaftliche Fakultät  
WB Maschinentechnik  
Johannisallee 19a  
04103 Leipzig

**Türk, Meno, Dr.-Ing. habil.**  
Institut für Agrartechnik Bornim e. V.  
ATB  
Technik in der Tierhaltung  
Max-Eyth-Allee 1  
14469 Potsdam-Bornim

**Uhlmann, Siegfried, Dr.**  
b & s Unternehmensberatung GmbH  
Abteilung Beratung  
Werkstättenstraße 31  
04439 Engelsdorf

**van den Weghe, Herman, Dr.**  
KTBL  
Bartningstraße 49  
64289 Darmstadt

**Welschhof, Gerhard, Dr.-Ing.**  
VDI-Gesellschaft für Agrartechnik  
Großer Mühlenweg 22  
41564 Kaarst

**Wendl, Georg, Dr.**  
Bayerische Landesanstalt für  
Landtechnik  
Vöttinger Str. 36  
85354 Freising-Weihenstephan

**Winterling, Christoph**  
ETH Zürich  
Institut für Nutztierwissenschaften  
Physiologie und Tierhaltung  
ETH-Zentrum, LFW  
CH-8092 Zürich  
SCHWEIZ

**Zähres, Wilhelm, Ltd. LD Dr.**  
Landwirtschaftskammer Rheinland  
Lehr- und Versuchsanstalt f.  
Tierhaltung  
Haus Riswick  
Elsenpaß  
47533 Kleve

**Zaake, Jürgen, Dr.-Ing.**  
Institut für Agrartechnik Bornim e. V.  
ATB  
Max-Eyth-Allee 1  
14469 Potsdam-Bornim

**Ziegler, Tilman, Verkaufsleiter**  
Gummiwerk Kraiburg  
Abteilung Landwirtschaft  
Göllstraße 8  
84529 Tittmoning

**Zipper, Johannes, Prof. Dr. habil.**  
MLU Halle-Wittenberg  
Landwirtschaftliche Fakultät  
Institut für Agrartechnik  
Ludwig-Wucherer-Str. 81  
06108 Halle

ISBN 3-928563-62-9