BAU UND TECHNIK

IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZTIERHALTUNG

Beiträge zur 2. Internationalen Tagung vom 14. und 15. März 1995 in Potsdam

INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK BORNIM e. V.
HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

mit Unterstützung von

MAX-EYTH-GESELLSCHAFT AGRARTECHNIK IM VDI

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR ELEKTRIZITÄTSANWENDUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT e. V.

Li
16737

©Institut für Agrartechnik Bornim e. V.

Potsdam-Bornim 1995

Vorwort

Der Strukturwandel in der Tierhaltung sowie neue Gesetze, Verordnungen und Vorschriften zur art- und umweltgerechten Tierhaltung haben die Anforderungen an Haltungssysteme erhöht. Mit neuen Ergebnissen zur Gestaltung von Produktionsverfahren in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, die geringe Umweltbelastung, hohe Produktqualität und optimale wirtschaftliche Ergebnisse gewährleisten, werden Forschung und Praxis diesen Anforderungen immer besser gerecht. Regelmäßiger Erfahrungsaustausch fördert diese Entwicklung.

Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg, Herr Zimmermann, wies u. a. in seiner Begrüßungsansprache auf die Notwendigkeit praktikabler und finanzierbarer Lösungen in Bau und Technik für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung hin und daß eine bodenabhängige und umweltfreundliche Tierhaltung nicht im Widerspruch zu einem hohen Leistungsniveau und zu großen Tierbeständen steht.
Die 2. Internationale Tagung „Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" am 14./15. März 1995 in Potsdam hatte dieses Anliegen. Veranstaltet wurde sie vom Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) gemeinsam mit der Humboldt-Universität zu Berlin, unterstützt von der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) und der Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft (AEL).
Der Veranstaltung lagen mit dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und dem Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg abgestimmte Schwerpunkte zugrunde.

Das Interesse an diesen Themen war außerordentlich groß. Das belegen die große Anzahl der eingereichten Vorträge, die hohe Teilnehmerzahl und die rege Diskussion.
Besonders erfreulich ist die Teilnahme von Fachkollegen aus Estland, Holland, Österreich, Polen, Rußland, der Schweiz, der Slowakei, Tschechien und Ungarn. Auch mit einem zweizügigen Tagungsablauf konnten leider nur etwa 50 % der Vortragsanmeldungen berücksichtigt werden. Damit ist bereits auf die 3. Internationale Tagung 1997 in Kiel verwiesen, mit der diese wichtige Fachtagungsreihe fortgesetzt wird. Das Konzept ihrer Initiatoren hat sich in überzeugender Weise bestätigt.

Prof. Dr. sc. techn. Dr. agr. Georg Otto

Die 2. Internationale Tagung „Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ fand am 14./15. März 1995 im Alten Rathaus und in den Hörsälen der Fachhochschule Potsdam in Potsdam statt. Vor der Tagung wurden am 13. März 1995 zwei jeweils halbtägige Exkursionen durchgeführt, die den Besuch eines Landwirtschaftsbetriebes mit vorwiegend Rinderhaltung und eines Landwirtschaftsbetriebes mit Schweine- sowie Pferdehaltung beinhalteten.

Die Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft (AEL) hat als Sponsor die Durchführung dieser Internationalen Tagung besonders wirkungsvoll unterstützt.

Für die veröffentlichten Beiträge sind die Autoren inhaltlich und für das Layout verantwortlich.

Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (Hrsg.): Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 2. Internationalen Tagung vom 14. und 15. März 1995 in Potsdam

Anschrift: Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

Redaktion: Prof. Dr. sc. techn. G. Hörnig

Typographische Mitgestaltung: Ulrike Seifert

©Institut für Agrartechnik Bornim e. V.

ISSN 0948-7786

Gesamtherstellung: Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH

Inhaltsverzeichnis

GRAMLICH, H.: Grußwort des Oberbürgermeisters der Landeshauptstadt Potsdam 9-10

ZIMMERMANN, E.: Grußwort des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg 11-13

SCHÖN, H.: Zukunftsaufgaben des landwirtschaftlichen Bauwesens 15-21

OTTO, G., BOCKISCH, F.-J. & O. KAUFMANN: Bauen in den östlichen Bundesländern 23-30

VAN DEN WEGHE, H.: Tierhaltung und Umwelt 31-39

GEORG, H.: Mehrbildphotogrammetrie und digitale Bildverarbeitung als Methode und Planungshilfsmittel bei der Umnutzung landwirtschaftlicher Gebäude 41-48

HARTMANN, W. & J. GARTUNG: Vergleich zwischen Stallneubauten mit Fest- und Flüssigmistverfahren für größere Kuhbestände hinsichtlich Kapitalbedarf und Verfahrenskosten 49-58

RITTEL, L.: Stallgebäude für die Milchviehhaltung - kostenreduziert und funktionell - 59-66

VEGRICHT, J. & F. PECHAČ: Stand und Möglichkeiten der Rekonstruktion von Milchviehställen mit Anwendung von neuen technischen Systemen in der Tschechischen Republik 67-74

KAHLSTATT, J., WENDL, G. & H. PIRKELMANN: Untersuchungen zur umweltgerechten Ausführung und zum Betrieb von Flachsiloanlagen 75-82

HENTSCHEL, A., BECK, J. & T. JUNGBLUTH: Intensivrotte tierischer Exkremente in einem Intensivrottereaktor unter besonderer Berücksichtigung der Emissionen 83-90

AMON, T., BOXBERGER, J., GRONAUER, A. & S. NESER: Einflüsse auf das Entmischungsverhalten, Abbauvorgänge und Stickstoffverluste von Flüssigmist während der Lagerung 91-98

MÉSZÁROS, G., FENYVESI, L., KULI, B. & L. MÁTYÁS: Untersuchung eines auf Bodenfilterung basierenden Güllereinigungsverfahrens 99-106

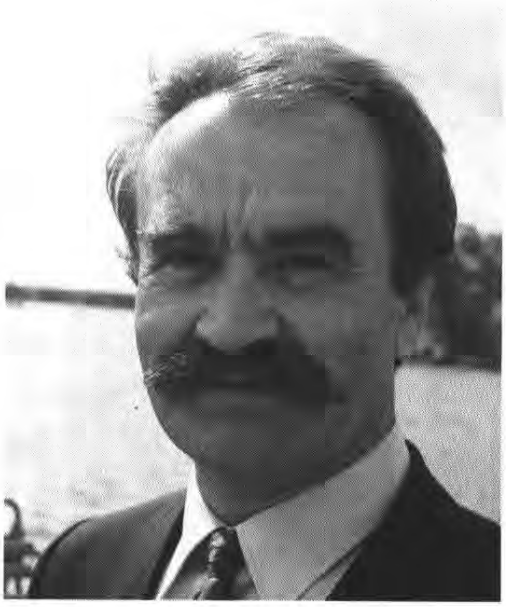
ARTMANN, R.: Elektronische Erkennungssysteme - Umsetzung der Standards und Ergänzungen der Normen für beschreibbare, sensorbestückte Transponder 107-114

SCHWARZ, H.-P. & T. KAISER-SCHRÖDER: Injektate mit Temperatursensoren - Ein entscheidungsunterstützendes Instrument für die rechnergestützte Brunstüberwachung 115-122
KERN, CHR., KLINDTWORTH, M., WENDL, G. & H. PIRKELMANN: Injizierbare Transponder in der Rinderhaltung 123-130
BREHME, U. & D. WERNER: Elektronische Körpertemperatur- und Aktivitätsmessung bei Mutterkühen 131-138
HARTUNG, E., BÜSCHER, W. & T. JUNGBLUTH: Grundlagenuntersuchungen zur Quantifizierung der Haupteinflußfaktoren auf die Freisetzung von Ammoniak 139-146
GRONAUER, A., STANZEL, H., NESER, S., DEPTA, G., SCHÄFER, K., HAUS, R., HEINZ, S., KRAHL, J., LUTHER, W., MUNACK, A., HOPF, H., BOXBERGER, J., AMON, T., KIEßLING, B., SALOW, CHR. & J. SCIBORSKI: Anforderungen und Lösungsansätze zur Bestimmung von Emissionsraten ökosystem- und klimarelevanter Gase aus der Landbewirtschaftung 147-156
MÜLLER, H.-J., MÜLLER, S. & U. STOLLBERG: Lüftungstechnische Maßnahmen zur Emissionsminderung in Tierställen 157-164
BRUNSCH, R., GURK, S. & O. KAUFMANN: Ermittlung von Emissionen aus Tierställen auf der Grundlage verschiedener Kalkulationsmodelle 165-172
HÖRNIG, G. & M. TÜRK: Ammoniak- und Geruchsemissionen sowie Gülleeigenschaften beim Einsatz von BENTONIT in der Fütterung 173-180
KLEMENT, S., ROß, A. & K.-P. SCHWARZ: Ammoniak- und Staubmessungen in eingestreuten und einstreulosen Mastschweineställen 181-188
SIEMERS, V., PFEIFFER, A., LANGHOLZ, H.-J. & H. VAN DEN WEGHE: Minderung der Ammoniak- und Geruchsemissionen in Schweineställen mittels Luftwäscher/Biofilterkombination 189-196
ALDEFELD, U. & U. HELLMUT: Stromverbrauchs- und Lastganganalyse landwirtschaftlicher Betriebe 197-204
KROCKER, M., KRIESEN, A. & S. MOUSSA: Haltung von Kühen in Gruppenabkalbeboxen 205-211
EPSTEIN, N. A.: Rationelle Ausnutzung des Kolostrums - der Schlüssel zur effektiven Lösung von Problemen der Kälberaufzucht 213-218

PLATEN, M. & E. LINDEMANN: Einflüsse des Haltungssystems auf Fruchtbarkeit, Milchleistung und deren Wechselbeziehungen bei Hochleistungskühen 219-226
RACKWITZ, R.: Einfluß verfahrenstechnischer und herdenspezifischer Kennwerte auf die Dimensionierung von Melkständen 227-234
BECK, J., DEININGER, A., JUNGBLUTH, T., TÜRK, M. & G. HÖRNIG: Verfahren der Flüssigkonservierung und -verfütterung von Rüben an Milchkühe und Mastrinder 235-242
GUTH, N.: Faserspleißtechnik: Bringt sie die erwünschte Struktur in der Grundfutter- und Strohaufbereitung? 243-250
HILTY, R.: Alternativen zum Vollspaltenboden - Umbaumöglichkeiten vorhandener Rindermastställe 251-258
SONNENBERG, H., PATSCHÉWITZ, P. & D. HESSE: Zur Mechanisierung des Einstreuens mit unterschiedlich aufbereitetem Stroh 259-265
HUBER, S., BALLHEIMER, A. E. & B. HAIDN: Strohbedarf, Mistanfall und Mistfluß im Tretmiststall für Milchvieh 267-274
KASK, H.: Entmistungsgeräte und Arbeitszeitbedarf bei Entmistungsarbeiten in Kuhställen 275-278
SWIERSTRA, D. & C. R. BRAAM: Investitionen und Kosten emissionsmindernder Maßnahmen in Boxenlaufställen für Rindvieh 279-286
FRITSCH, U., BOXBERGER, J., BARTUSSEK, H., WEINGARTMANN, H., AMON, T., STEINWENDER, F. & L. WEICHSELBAUMER: Vergleich neuer Gruppen- und Einzelhaltungsverfahren für abferkelnde und ferkelführende Sauen 287-294
ARKENAU-SELLENRIECK, E., MÜLLER, K., KLOBASA, F. & E. ERNST: Tiergerechtheit der Gruppenhaltung von tragenden Sauen 295-302
FRANKE, W. & K. SPITSCHAK: 200 Sauen in Freilandhaltung - Ergebnisse zweijähriger Untersuchungen 303-310
KLOCEK, C., KACZMARCZYK, J., KOCZANOWSKI, J. & R. TUZ: Auslauf bringt Vorteile in der Jungsauenhaltung 311-315
DEN BROK, G. M. & D. HESSE: Besonders umweltschonende und tierfreundliche sowie kostensparende neue Haltungsverfahren für Sauen, Ferkel und Mastschweine 317-324
NITZSCHE, G., KUSCHY, G. & F.-W. VENZLAFF: Der Modernisierungsbedarf für das Erreichen der Wettbewerbsfähigkeit in der brandenburgischen Schweinehaltung 325-332

HOUWERS, H. W. & A. C. LIPPUS: Entwurf einer tier- und arbeitsgerechten frei zugänglichen Abferkelbucht für Sauen 333-340
HOOFS, A. & H. VERMEER: Vergleich von Ferkelaufzuchtverfahren in Groß- und Kleingruppen 341-348
WEBER, R.: Abruffütterung für Zuchtschweine mit Ausdosierung einer Grundration an einem Gemeinschaftstrog 349-356
KLUßMANN, H.-W.: Einzeltierfütterung von in Gruppen gehaltenen Mastschweinen 357-364
KÜCHENHOFF, R. & K. HÖRÜGEL: Haltung von Mastschweinen auf Schrägmist 365-372
HESSE, D., JACKISCH, T. & H. VAN DEN WEGHE: Aspekte zur artgerechten und umweltverträglichen Mastschweinehaltung, unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit 373-380
LEHMANN, B., KRAUSE, R. & CHR. SCHELLERT: Untersuchungen zur Effizienz des Stroheinsatzes in der Tierhaltung 381-388
BOCKISCH, F.-J. & W. RÖSER: Produktqualität und Verlustrate bei Mast- (Schlacht) Schweinen in Abhängigkeit von Haltungs- und Transporttechnik 389-396
ZASKE, J.: Schlußwort des Direktors des Instituts für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB) 397-399
CHRONIK 401
TEILNEHMERVERZEICHNIS 403-414

Grußwort des Oberbürgermeisters der Landeshauptstadt Potsdam



Herr Minister Zimmermann,
sehr geehrter Herr Professor Zaske,
meine sehr geehrten Damen und Herren!

Ich begrüße Sie im Namen der Stadt Potsdam zu Ihrer Fachtagung „Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung". Es ist wichtig, daß Veranstaltungen wie diese nach Potsdam kommen, denn dadurch wird die Bedeutung und Entwicklung des Wissenschaftsstandortes Potsdam unterstrichen. Ich habe mich erst kürzlich bei einem Besuch im Institut für Agrartechnik Bornim davon überzeugen können, auf welcher thematischen Breite hier gearbeitet wird und insbesondere Lösungen zum Problem der Annäherung von Ökonomie und Ökologie in der Landwirtschaft angestrebt werden.

Potsdam erfährt mit der Wende und der sich daraus ergebenden Entwicklung eine einzigartige Chance. Es war wichtig, daß wissenschaftliche Einrichtungen wie das Institut für Agrartechnik Bornim und andere ehemalige Akademieinstitute weiter fortbestehen konnten. Neue Institute kamen und kommen hinzu. Gegenwärtig gibt es in Potsdam neun Forschungseinrichtungen.

Am bekanntesten sind Einrichtungen auf dem Telegrafenberg mit dem Wahrzeichen des berühmten Einsteinturmes. Wir finden dort das Geoforschungszentrum, das Institut für Klimafolgenforschung, das sich u. a. auch mit landwirtschaftlichen Fragestellungen, die sich aus dem Klimawandel ergeben, befaßt. Darüber hinaus gibt es in Potsdam eine Außenstelle des Alfred-Wagner-Institutes für Polarforschung, das Astrophysikalische Institut Potsdam, die Schiffsbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH, eine Außenstelle des Deutschen Wetterdienstes, das Institut für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg und das Militärhistorische Forschungsamt. Im unmittelbaren Umland Potsdams sind weitere acht Forschungsinstitute angesiedelt, darunter Max-Planck- und Fraunhofer-Institute und das Deutsche Institut für Ernährungsfor-

schung. - Als Stätten der Wissenschaft und Lehre haben wir die Universität Potsdam, die Fachhochschule Potsdam und die Hochschule für Film und Fernsehen.
Diese Institutionen sind mit ca. 3.500 Beschäftigten ein wichtiger Arbeitgeber in Potsdam und tragen darüber hinaus zum Ansehen der Stadt auch über Landesgrenzen hinweg bei.
Von Bedeutung ist die intensive Verbindung von Wissenschaft und Wirtschaft. In Potsdam wird man dem insbesondere mit der Errichtung eines Technologie- und Gründerzentrums, eines Zentrums für Biotechnologie sowie dem Umwelttechnologiepark SAGO Rechnung tragen. Diese Entwicklungen werden in den nächsten drei bis fünf Jahren realisiert.
Wichtig für die weitere Entwicklung Potsdams ist die Funktion als Landeshauptstadt des Bundeslandes Brandenburg und des künftigen gemeinsamen Bundeslandes Berlin-Brandenburg. Wir rechnen mit einer verstärkten Ansiedlung von Unternehmen im Dienstleistungssektor und der Ansiedlung von Interessenverbänden. Die Impulse, die sich aus dem Umzug der Bundesregierung nach Berlin ergeben, werden diese Tendenzen verstärken.
Zudem ist Potsdams Zukunft eng verknüpft mit der Entwicklung als Kulturstadt, als Stadt des Tourismus und als Medienzentrum. Zahlreiche Besucher kommen jedes Jahr nach Potsdam, um Parks und Schlösser, die historische Altstadt sowie die Studio-Tour im Filmgelände Babelsberg zu erleben. Auch der Geschäfts- und Kongreßtourismus ist ein Stück Zukunft für diese Stadt.

Unsere Erwartungen an den Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort werden bestätigt durch die Tatsache, daß zahlreiche Investoren in Potsdam Hotelbauten realisieren. Die Beherbungskapazität wird sich in den nächsten zwei Jahren, bezogen auf den aktuellen Stand, verdoppeln. Und somit habe ich guten Grund, Sie einzuladen, wieder nach Potsdam zu kommen und sich in dieser Stadt umzuschauen, denn Potsdam ist mehr als Sanssouci.

Der Tagung wünsche ich einen guten Verlauf und dem Institut für Agrartechnik Bornim e. V. erfolgreiche Arbeit und Anerkennung.

Dr. Horst Gramlich
Oberbürgermeister der
Landeshauptstadt Potsdam

Grußwort des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

die dritte Stufe der europäischen Agrarreform von 1992 ist in ihrem Wirkungsspektrum noch nicht in Kraft gesetzt, trotzdem gibt es innerhalb der Europäischen Union schon Diskussionen zur „Reform der Reform". Darüber hinaus haben sich bereits einige EU-Agrarpolitiker zur anstehenden Osterweiterung geäußert, inwieweit die EU-Agrarpolitik heutiger Prägung diese Anforderungen überhaupt noch erfüllen kann, oder ob über eine radikale Reform die angestauten Probleme mit gelöst werden können.

Die Europäische Agrarpolitik hat mit ihren Rahmenbedingungen in den neuen Bundesländern sehr differenziert gewirkt.
Die gegenwärtigen Förderbedingungen von EU und Bund bevorzugen die Marktfruchtbetriebe, während die Veredelungsbetriebe um ihre Existenz kämpfen, so daß ein großer Teil der Tierbestände weggebrochen ist. Im Vergleich zu 1989 sind in Brandenburg nur noch

	54 % der Rinder	(671,7 T-Stück)
	26 % der Schweine	(755,0 T-Stück)
und	29 % der Schafe	(114,2 T-Stück)

vorhanden.

Das bedeutet einen Verlust an Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft sowie im vor- und nachgelagerten Bereich und führte schließlich zu einer Destabilisierung im ländlichen Raum. Von den Entwicklungen zu einer stabilen Infrastruktur im ländlichen Raum sind wir noch weit entfernt.

Deshalb begrüße ich das Anliegen dieser Veranstaltung, praktikable und finanzierbare Lösungswege in Bau und Technik für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung zu beraten.
Unter Beachtung der ungünstigen natürlichen Bedingungen Brandenburgs erhöht sich die Bedeutung einer standortgerechten Tierhaltung.
Die Tierhaltung muß bodenabhängig und umweltfreundlich sein; dies steht nicht im Widerspruch zu einem hohen Leistungsniveau und zu großen Tierbeständen.
Hier in Brandenburg stehen viele Tieranlagen leer, z. T. sind die Betriebsgenehmigungen abgelaufen. Eine Wiedernutzung solcher Anlagen ist ein Hauptziel meiner Politik.

Gegenwärtig behindern
- ungeklärte Eigentumsverhältnisse und die Zusammenführung von Grund und Boden,
- die fehlende Kapitaldecke der Wiedereinrichter und umstrukturierten Agrarunternehmen,
- die ungenügende Bereitschaft der Banken, landwirtschaftlichen Unternehmen längerfristige Kredite zu gewähren,
- die Schranken und Grenzen bei den immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren von Tierproduktionsanlagen
- sowie der Preisverfall tierischer Erzeugnisse

die Wiederinbetriebnahme solcher Stallanlagen.

Ohne eine gezielte Investitionsförderung ist die Wiederinbetriebnahme bzw. der Neubau von Stallanlagen zur Stabilisierung der Veredelungswirtschaft nicht möglich.
Deshalb habe ich die Förderung von Investitionen zum Schutz und zur Verbesserung der Umwelt in der Schweinehaltung im Jahr 1993 in Kraft gesetzt.
Diese Förderung beabsichtige ich, auf die gesamte Veredelungswirtschaft auszudehnen.
Außerdem wurde 1994 eine Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Verminderung von Umweltbelastungen in der Landwirtschaft des Landes Brandenburg in Kraft gesetzt.
Dabei stehen gleichermaßen in den neuen Bundesländern Aufgaben zur umwelt- und tiergerechten und naturalen Nutztierhaltung im Vordergrund.

Ich wünsche Ihnen eine interessante wissenschaftliche Tagung und einen schönen Aufenthalt in Potsdam. Möge jeder von Ihnen neue Anregungen und Erfahrungen für die eigene Forschungsarbeit von dieser Tagung mitnehmen.
Ich hoffe, daß die Forschungsergebnisse dazu beitragen werden, der Entwicklung der Landwirtschaft auf dem Gebiet der Tierhaltung neue Impulse zu verleihen. Unter diesem Gesichtspunkt schätze ich den Nutzen dieser wissenschaftlichen Veranstaltung für das Land Brandenburg hoch ein.

Edwin Zimmermann
Minister für Ernährung, Landwirtschaft
und Forsten des Landes Brandenburg

Zukunftsaufgaben des landwirtschaftlichen Bauwesens

Hans Schön[1]

Sehr geehrter Herr Minister,
sehr geehrter Herr Oberbürgermeister,
meine sehr geehrten Damen und Herren!

Im Namen der Max-Eyth-Gesellschaft für Landtechnik im VDI, der Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft und des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft darf ich Sie ebenfalls sehr herzlich begrüßen.

Die 1. Internationale Tagung „Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft" fand vor zwei Jahren erstmals auf Initiative von Herrn Prof. Eichhorn in Gießen statt. Sie soll die jährlich im Herbst stattfindende „VDI-Tagung Landtechnik", deren Schwerpunkte Maschinentechnik und Verfahrenstechnik der Landbewirtschaftung sind, ergänzen. Beide Tagungen haben sich im mitteleuropäischen Raum und darüber hinaus zu wichtigen wissenschaftlichen Foren entwickelt; das Gespräch zwischen Wissenschaft, Industrie und Praxis zeichnet diese Tagungen aus.

Die 2. Internationale Tagung „Technik und Bauwesen" findet in einem neuen Bundesland, nämlich in Brandenburg, statt. Dies ist eine besondere Herausforderung an uns, sich gemeinsam den besonderen Problemen der unterschiedlichen Agrarstruktur in der deutschen Landwirtschaft zu stellen. Wir bedanken uns bei Ihnen, Herr Minister Zimmermann, daß wir Gast in Brandenburg sein dürfen. Eine besondere Freude ist es uns, daß wir in Potsdam-Bornim sind. Nach einer tiefen Strukturkrise hat sich Potsdam-Bornim wieder zu einer zentralen Forschungseinrichtung der deutschen landtechnischen Wissenschaft entwickelt mit großen Zukunftsaufgaben, die weit über die Bundesrepublik hinausgehen. Ich darf mich schon jetzt bei Ihnen, Herr Oberbürgermeister Dr. Gramlich, für die Gastfreundschaft Ihrer Stadt, bei Ihnen, Herr Kollege Zaske, und allen

[1] Prof. Dr. H. Schön, Institut für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising-Weihenstephan

Mitarbeitern des Institutes für Agrartechnik und bei Ihnen, Herr Dekan Lindemann, für die Ausrichtung dieser Tagung bedanken.

Meine sehr geehrten Damen und Herren, erlauben Sie mir am Beginn dieser Tagung aber auch einige einführende fachliche Anmerkungen zum Stand und vor allem zu den künftigen Aufgaben des landwirtschaftlichen Bauwesens und zur Gestaltung der Tierhaltung.

Stand des landwirtschaftlichen Bauwesens

In den letzten Jahrzehnten vollzog sich in der Haltungstechnik unserer Nutztiere eine tiefgreifende Rationalisierung und damit auch Umstrukturierung. So sank in der Milchviehhaltung - dank neuer Haltungsformen - der Arbeitszeitbedarf je Kuh und Jahr von 170 auf 30 AKh, das mögliche Arbeitsvolumen wuchs von 11 auf 60 Kühe/AK. Ähnliches vollzog sich in der Rindermast. In der Mastschweinehaltung sind statt 10 AKh je Mastplatz nur noch 0,7 AKh erforderlich. Dadurch kann heute 1 AK bis zu 2000 Schweine betreuen (Abbildung 1).

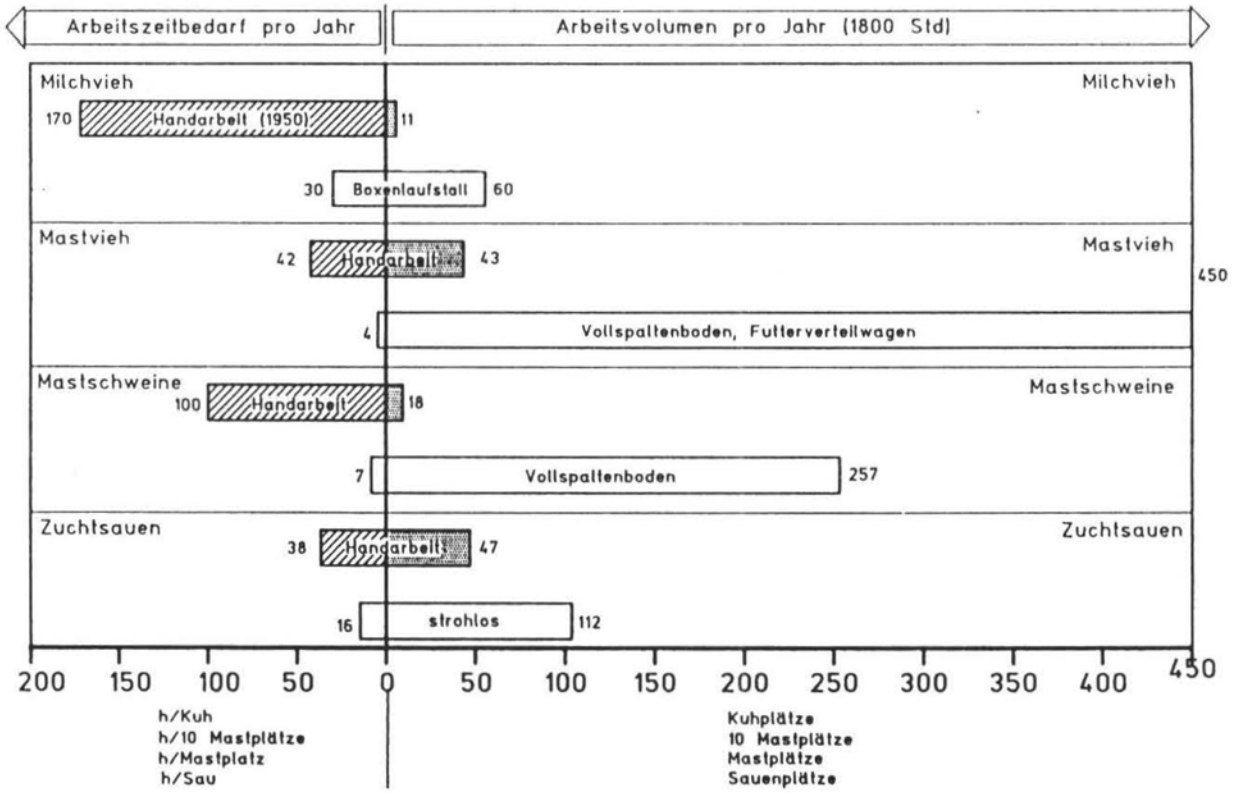


Abb. 1: Arbeitszeitbedarf und -volumen ausgewählter Produktionsverfahren bei Handarbeit und Vollmechanisierung

Diese noch vor wenigen Jahren als unmöglich angesehenen Rationalisierungseffekte prägen unsere Ställe, die nach LANDZETTEL und PIOTROWSKI geradezu als "Stallmaschinen" anzusprechen sind. Sie sind es aber auch, die Aufgaben und Ziele des landwirtschaftlichen Bauwesens prägen. Lassen Sie mich dies an drei Problemkreisen kurz vertiefen:

1. Zwang zum kostengünstigen Bauen

Das mögliche Arbeitsvolumen moderner Haltungsformen sprengte in den westlichen Bundesländern die traditionelle Agrarstruktur, stellt aber auch viele in planwirtschaftlichem Denken erstellte Großanlagen der ehemaligen DDR in Frage. Beides erfordert in den nächsten Jahren erhebliche Investitionen in neue Ställe - allein in Bayern schätzt man, daß in den nächsten 10 Jahren 400 000 - 500 000 neue Kuhplätze geschaffen werden müssen. Dies steht einer außerordentlich ungünstigen Kostensituation gegenüber, wie aus der Entwicklung verschiedener Preisindizes in Abbildung 2 hervorgeht.

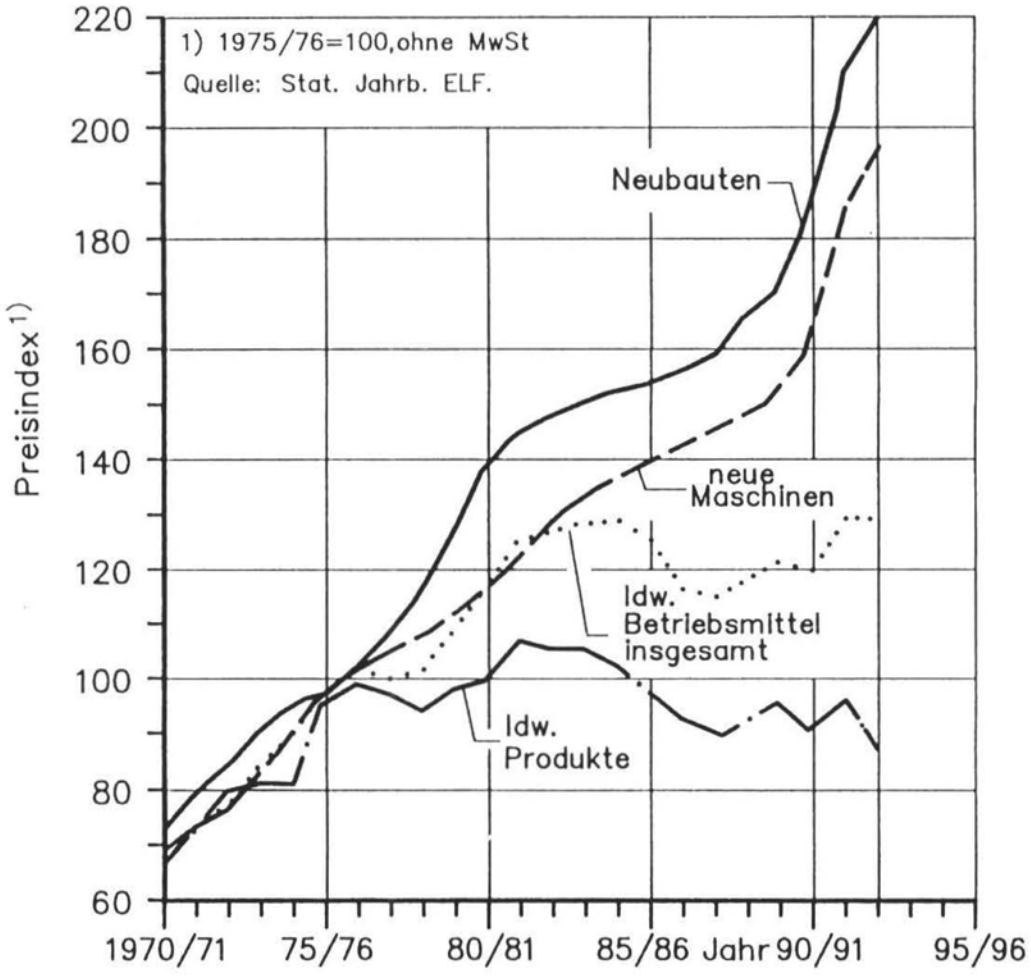


Abb. 2: Entwicklung der Erzeugerpreise von landwirtschaftlichen Produkten und der Einkaufspreise von landwirtschaftlichen Betriebsmitteln

Bis in die Mitte der 70er Jahre stiegen die Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse ähnlich wie für landwirtschaftliche Betriebsmittel, Maschinen und Gebäude. Seit dieser Zeit stagnieren die Preise für landwirtschaftliche Produkte, während bei Gebäuden und Technik eine ungebremste Preisentwicklung zu beobachten ist. Die Entwicklung kapitalsparender Haltungsformen wird damit zur zentralen Aufgabe des landwirtschaftlichen Bauens.

2. Umweltverträgliches Bauen

Moderne Haltungsverfahren und die dadurch mögliche Aufstockung und Konzentration der Tierhaltung haben aber auch die über Jahrhunderte lange Bindung von Tier und Boden gelockert und teilweise sogar gelöst. Dies führte zu punktuellen Geruchsbelastungen, aber, in ihrer Umweltwirkung noch schwerwiegender, zu einer stofflichen Belastung von Boden, Wasser und Luft. Ursache ist ein in allen modernen Industriestaaten zu beobachtendes Ungleichgewicht der Stickstoffbilanzen (Abbildung 3).

Eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle Alternative ist dagegen ein geschlossener Stickstoffkreislauf. Bei sorgsamem Umgang mit dem organischen Dünger muß sich

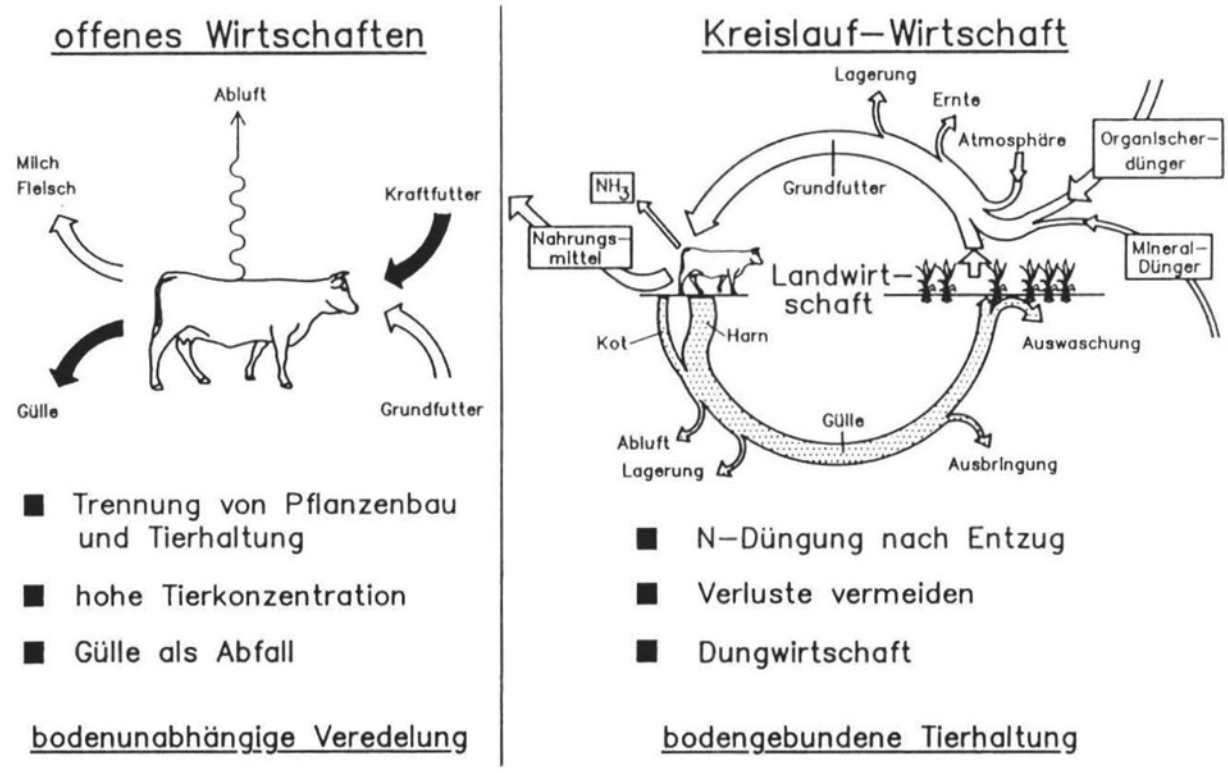


Abb. 3: Umweltfreundliche Tierhaltung mit "geschlossenen Stoffströmen" (Beispiel N)

dabei die N-Zufuhr durch Mineraldünger und Kraftfutter auf den N-Gehalt der verkauften Nahrungsmittel beschränken. Die technisch-baulichen Einrichtungen müssen helfen, die Stickstoffverluste auf ein Minimum begrenzen.

3. Tierschutz als Bauaufgabe

Eine weitere Folge der Rationalisierung, scheint mir, wurde bisher in ihren Folgen für das landwirtschaftliche Bauen zu wenig beachtet, nämlich das veränderte Verhältnis des Menschen zum Tier (Abbildung 4). Die Agrargesellschaft war durch ein enges Verhältnis zum Haustier und dessen Nutzung als Zugtier bzw. Nahrungsmittel geprägt. Mit dem dramatischen Rückgang der landwirtschaftlichen Bevölkerung spaltete sich diese Beziehung. Während aus Rationalisierungsgründen und unter zunehmendem wirtschaftlichen Zwang immer mehr Nutztiere von immer weniger Landwirten gehalten werden und wirtschaftliche Gesichtspunkte Haltung und Verarbeitung bestimmen, halten auf der anderen Seite immer mehr Menschen einzelne Heimtiere mit einer ausgeprägten emotionalen Bindung zum Einzeltier. Dies ist inzwischen in jedem zweiten Haushalt der Fall.

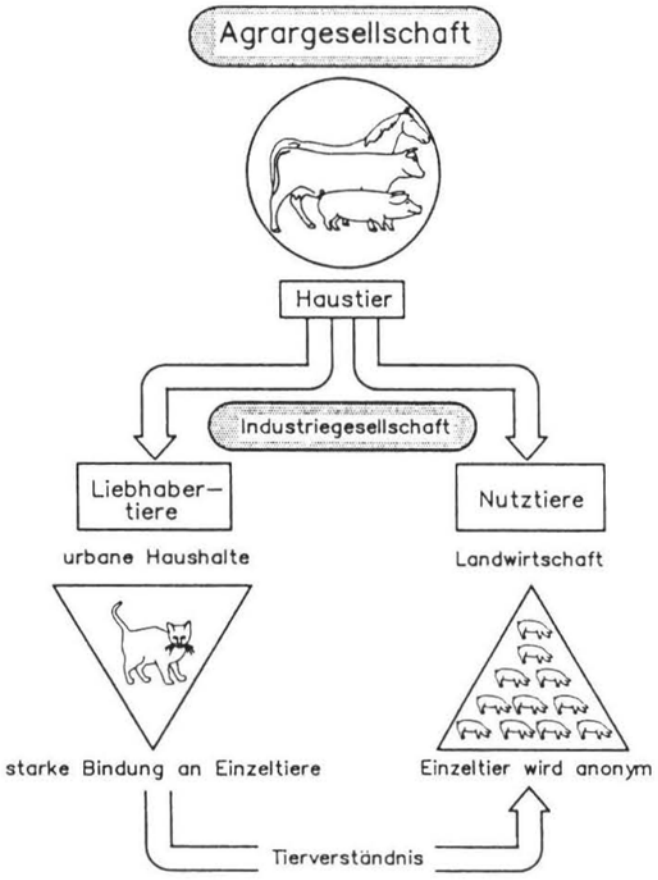


Abb. 4: Veränderung der Beziehung "Mensch-Tier" (nach MEYER)

Diese unterschiedliche Zielstellung der Tierhaltung ist die Quelle für das Unverständnis breiter Bevölkerungsschichten über die Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere, die letztlich in sich weiter verschärfende Tierschutzgesetze mündet. Dabei geht es nicht mehr allein um den Schutz des Tieres vor Krankheit und Leiden, sondern zunehmend erhält das Tier einen emotionell begründeten Eigenwert.

Lösungsansätze

Für die Lösung dieser Zukunftsaufgaben scheint mir folgende Strategie sinnvoll (Abbildung 5): Einmal wird auch die Landwirtschaft der Zukunft weiterhin den technischen Fortschritt nutzen und - um international konkurrenzfähig zu bleiben - nutzen müssen. Nach dem mechanisch-technischen Fortschritt der Vergangenheit wird dies in Zukunft der elektronisch-technische Fortschritt sein. Er wird die direkte Bindung des Menschen an das Tier weiter lockern, so daß die Ställe der Zukunft weitgehend nach den Bedürfnissen des Tieres gestaltet werden können.

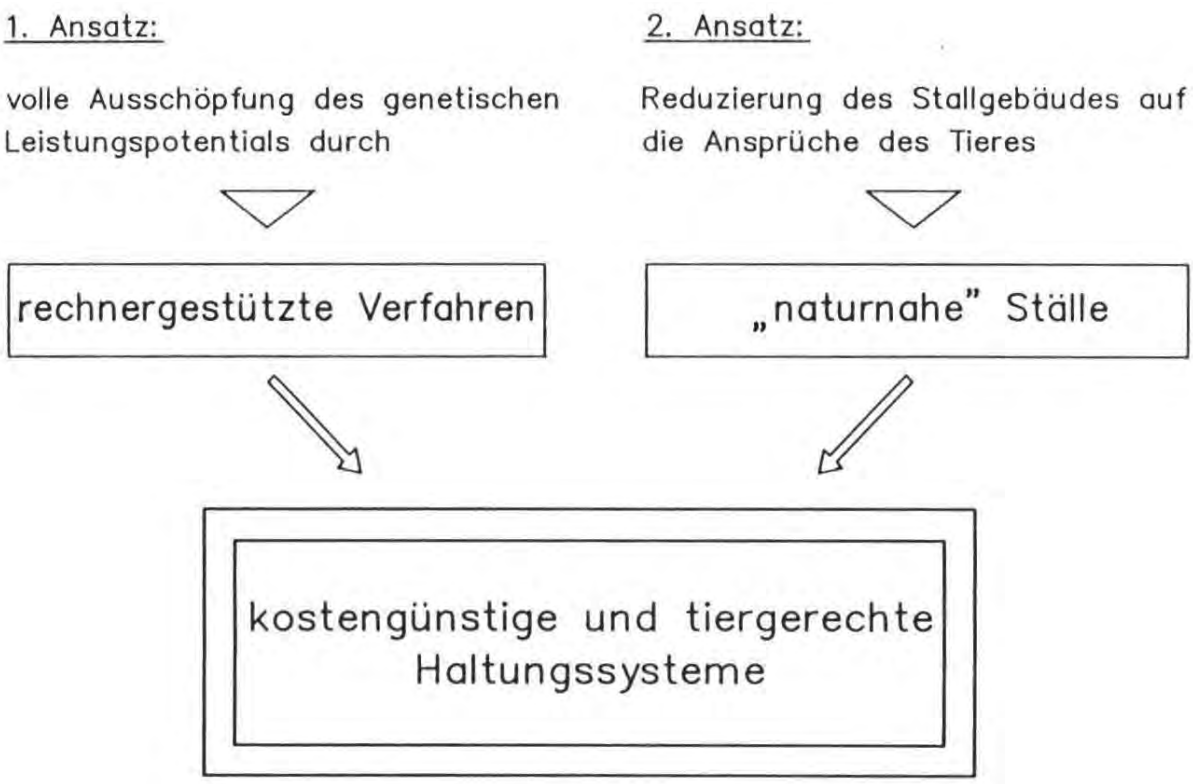


Abb. 5: Ansätze zur Entwicklung kostengünstiger und tiergerechter Haltungssysteme

Bisher wurde die Wärmedämmung der Ställe vor allem durch die Umgebungsansprüche des Menschen geprägt. Dabei wurde versucht, deren Kosten durch eine starke Beschränkung der Grundflächen zu begrenzen. Vielmehr ist es sinnvoll, die tatsächlichen Klimaansprüche der Tiere zu ergründen, wie sie KOCH und PIOTROWSKI in einfachen Wahlversuchen klären konnten.

Von seiten der Tiere genügt demnach meist ein einfacher Witterungsschutz, wenn für ein weiches, trockenes und zugfreies Lager gesorgt wird. Soweit Stroh verfügbar ist, kann mit einfachen Ställen diese Forderung erfüllt werden. Damit wird nicht mehr das "Wohnhaus" in der geschichtlichen Tradition des Stallbaues, sondern die "Scheune" zum Leitbild für die tier- und umweltgerechte sowie kostengünstige Unterbringung unserer Tiere (Abbildung 6).

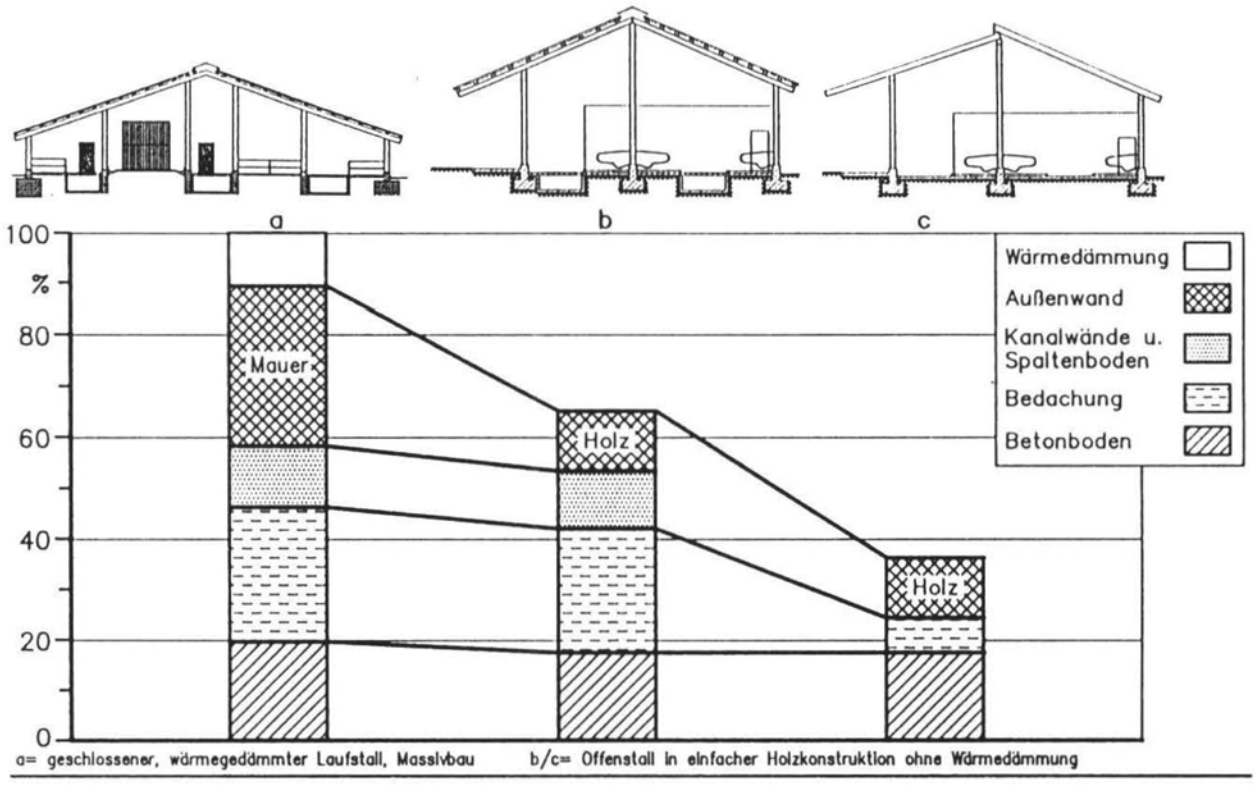


Abb. 6: Baupreise bei einfachen Milchviehställen (nach RITTEL)

Bauen in den östlichen Bundesländern

Georg Otto[1], Franz-Josef Bockisch[2], Otto Kaufmann[3]

Ausgangssituation

Produktionsverfahren in der Tierhaltung sind das integrierende Element zwischen Mensch, Tier und Umwelt. Stallanlagen und dazugehörige Einrichtungen bestimmen dabei in bedeutendem Maße das Produktionsniveau im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Erfüllung zunehmender Anforderungen aus dem Tier- und Umweltschutz.

In Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Bedingungen verlief die bauliche Entwicklung von Wirtschaftsgebäuden ab etwa Mitte der 50er Jahre auf dem Gebiet der östlichen Bundesländer völlig anders als im alten Bundesgebiet. Große Tierbestände kennzeichnen die Situation.

Wurden in den 50er Jahren vorwiegend noch bisherige Stallanlagen für 90 bis 270 Kühe und 600 Mastschweine gebaut, waren es in den 60er Jahren vor allem Ställe für 1500 bis 3000 Mastschweine 100er und 400er Kuhställe, vorwiegend mit Anbindehaltung auf Einstreu (PIOTROWSKI, 1993). In dieser Zeit wurden auch die ersten Typenbauten L 201 und L 203 errichtet. In den 70er und 80er Jahren wurden im Zuge der industriemäßigen Großproduktion in der Tierhaltung Milchviehgroßanlagen mit mehr als 1200 Kuhplätzen geschaffen. Typisch waren Kompaktbauten mit Hallenschiffen von 24 m Systembreite.

Vom Kuhbestand des Jahres 1990 wurden etwa 20 % aller Milchkühe in Großanlagen mit mehr als 400 Tierplätzen gehalten. Unter Berücksichtigung der typisierten Stallhüllen L 201 und L 203 mit 100 bis 400 Tierplätzen betrug der Anteil von Kühen in großen Anlagen etwa 50 % des Gesamtkuhbestandes. Nur etwa 10 % des Milchviehbestandes waren in nicht typisierten Ställen untergebracht (AUTORENKOLLEKTIV, 1991; BENDULL/BREHME, 1993; GARTUNG/UMINSKI, 1995; BREHME/TRÖGER, 1994).

Im Ergebnis dieser Entwicklung wurden standardisierte Typenställe für die Haltung großer Tierbestände errichtet. Für die Versorgung großer Rinderbestände entstanden große Flachsiloanlagen für die konservierende Lagerung verschiedener wirtschaftseigener Futterstoffe.

[1] Prof. Dr. sc. techn. G. Otto,Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

[2] Prof. Dr. F.-J. Bockisch, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

[3] Prof. Dr. sc. O. Kaufmann, Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für angewandte Nutztierwissenschaften, Philippstr. 13, 10115 Berlin

Eine Bausubstanzerhebung aus dem Jahre 1986 führte zu folgendem Ergebnis:

- Milchviehställe L 201 und L 203
  - In der Zeitspanne von 1966 bis 1985 wurden mit diesen Typenställen etwa 900.000 Kuhplätze errichtet. Die Projekte enthielten Ställe und Stallanlagen mit unterschiedlichen Tierplätzen bis zu 400 Tierplätzen.

Verfahrenstechnische Kennzeichen sind: Anbindehaltung auf Einstreu, selten einstreulos, mobile Entmistung, mobile Fütterung, selten Futterbänder, Rohrmelkanlagen, hohe Arbeitszeitaufwendungen für Entmistung ca. 14 AKh/Tpl.·a und Milchgewinnung ca. 38 bis 46 AKh/Tpl.·a. Etwa 80 % der Kuhplätze waren den Bauzustandsstufen 1, 2 mit keinen bis geringen Schäden zuzuordnen.

- Die Milchvieh-Großanlagen (MVA) wurden in mehreren Größen errichtet. Überwiegend wurden Stallanlagen mit 1232 Kuhplätzen und 90 Kälberplätzen sowie 1930 Kuhplätze und 132 Kälberplätze gebaut.

Verfahrenstechnisch sind diese Großanlagen gekennzeichnet durch einstreulose Liegeboxen-Laufstallhaltung, Abkalbeställe einstreulos mit Kurzständen, stationäre Fütterungsanlagen, Fließkanalentmistung, Fischgrätenmelkstand oder Melkkarussell.

- Kälberaufzuchtanlage AP 1600 Tierplätze und deren Doppelung mit 3200 Tierplätzen. Etwa 120.000 Kälber wurden in Anlagen mit mehr als 800 Tierplätzen gehalten. Das sind etwa 12 % vom Gesamtbestand. Diese Stallanlagen mit 30 m Breite und 90 m Länge werden für die Kälberaufzucht nicht mehr benötigt.

- Großvolumige Flachsiloanlagen
  - In der Zeitspanne von 1950 bis 1990 wurden etwa 37 Millionen m³ Siloraum errichtet. Davon in der Zeitspanne von 1980 bis 1990 etwa 60 %. 84 % des Siloraumes können den Bauzustandsstufen 1 und 2 zugeordnet werden. Während 40 % des Siloraumes einer oder mehreren Stallanlagen zugeordnet sind, wurden 60 % stallfern vor allem im Zentrum von Futteranbauflächen errichtet.

Neben diesen verschiedenen als Typenbauten errichteten Wirtschaftsgebäuden sind in vielen Landwirtschaftsbetrieben Altgebäude in verschiedenen Formen, z. B. als Bergeraum, verfügbar.

Diese Wirtschaftsgebäude und baulichen Anlagen entsprechen nicht mehr dem neuesten Erkenntnisstand aus tiergerechter Haltung, Arbeitswirtschaft, Tier- und Umweltschutz. Andererseits bieten sie in hohem Maße gute Voraussetzungen für kapitalsparende Umgestaltungslösungen. Diese Herausforderung wurde von verschiedenen agrarwissenschaftlichen Einrichtungen angenommen und im Ergebnis Umgestaltungsvorschläge erarbeitet und bewertet.

Wissenschaftliche Arbeiten zur Umgestaltung großer Ställe

Die Rinderhaltung ist auch für die Mehrzahl der landwirtschaftlichen Betriebe in Ostdeutschland der wichtigste Betriebszweig. Um wettbewerbsfähig zu sein, gilt es, Fehlinvestitionen zu vermeiden und durch Bewertung der verschiedenen Einflußfaktoren aus der Sicht der Rahmenbedingungen, vor allem Quotenregelung und Milchpreis, der Anforderungen an die Milchqualität sowie des Tier- und Umweltschutzes einerseits und der Investitions-, Verfahrens-, Lohn- und Futterkosten die zweckmäßigste Lösung abzuleiten.
Grundsätzlich wurde von den verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtungen davon ausgegangen, als Milchviehhaltungssystem den Laufstall vorzusehen, weil hier günstige Bedingungen für Mensch, Tier, Umwelt und sparsamen Kapitaleinsatz gegeben sind.
Vom Institut für landwirtschaftliche Bauforschung wurden für die standardisierten Typenställe L 201 und L 203 standlose und unter Berücksichtigung der örtlichen Bedingungen von Praxisbetrieben für unterschiedliche Milchviehhaltungsverfahren, Bestandsgrößen und Entmistungssysteme Umbauvarianten erarbeitet und. Die dabei ermittelten baulichen Investitionen liegen im Bereich von etwa 1000,00 bis 6500,00 DM/ Kuhplatz.

Weiterhin wurde systematisch an Neubaulösungen und -konzepten für Milchviehställe mit 120, 240 und 480 Kuhplätzen gearbeitet.
Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang das erarbeitete Softwarepaket für die Darstellung von Gebäudekonstruktionen, Mengen- und Kostenermittlungen. Mit diesem Modell ist eine rationelle Bearbeitung und Bewertung von Varianten möglich.

Vom Institut für angewandte Nutztierwissenschaften der Humboldt-Universität wurden für die Rekonstruktion von Milchviehställen mit 21,0 und 24,0 m Systembreite bauliche Lösungen für Tiefställe und Tretmistställe erarbeitet und in Praxisanlagen untersucht. Weiterhin wurden Offenfrontställe mit Tiefstreu projektiert und untersucht.

Neue wissenschaftliche Erkenntnisse fanden Anwendung beim Neubau von Milchviehställen für 240 und 305 Tiere auf Festmistbasis. Der Milchviehstall für 305 Tiere in der Bauerngenossenschaft Badingen wurde als Preisträger der Gruppe 1 des Bundeswettbewerbes Landwirtschaftliches Bauen 1991/92 zum Thema „Umweltverträgliche Nutztierhaltung" vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten ausgezeichnet.

Vielfältige Forschungsvorhaben wurden zur Verbesserung von Dachkonstruktionselementen durchgeführt, um vor allem die Belüftung und die Lichtverhältnisse zu verbessern.
Umfangreiche Untersuchungen für kostengünstige Wirtschaftsgebäude und speziell für wärmegedämmte und nicht wärmegedämmte Ställe mit Fest- und Flüssigmistverfahren wurden im Institut für Landtechnik Weihenstephan erarbeitet (RITTEL, 1994).

Im Institut für Agrartechnik Bornim wurden für die Stalltypen L 201 und L 203 insgesamt 17 Lösungsvarianten bei standortloser Betrachtung erarbeitet. Verallgemeinerungsfähig läßt sich aus den Ergebnissen ableiten, daß Verfahrenslösungen mit Güllewirtschaft um etwa 2000,00 DM je Tierplatz teurer sind als mit Einstreu. Modernisierte Typenställe L 201 und L 203 betragen im Investitionsbedarf bei Anwendung der Verfahren Freßliegeboxenhaltung, Einstreu, mobile Fütterung und Melk- stand nur 30 bis 40 % von vergleichbaren Neubauten.
Anwender der erarbeiteten Umbaulösungen L 201 und L 203 können mit ersten Gewinnen bei einer Milchleistung von 5000 bis 6000 kg/Kuh·a bei einem Milchpreis von 0,50 bis 0,60 DM/kg rechnen (BENDULL/BREHME, 1993).
Umbauten von Großanlagen MVA 1930 verursachen vergleichsweise noch geringere Investitionen.
Für die Nutzung ehemaliger Kälberaufzuchtanlagen vom Typ KAA 1600 bzw. 3200 wurden 6 Milchvieh- und 2 Mastrinderlösungen erarbeitet. Das Milchvieh wird in Liegeboxen mit Einstreu oder Vollspaltenboden mit Güllewirtschaft gehalten und in Melkständen gemolken. Der Investitionsbedarf bei Milchviehstallösungen liegt zwischen 5300,00 und 7400,00 DM je Kuhplatz. Bei Umbaulösungen mit Einstreu ergibt sich bereits ein Gewinn bei einer Milchleistung ab 5000 kg/Kuh·a und Milchpreisen von 0,55 bis 0,60 DM/kg. Gegenüber Neubauten kann der Investitionsbedarf um 10 % bis 50 % niedriger sein (BENDULL/BREHME, 1994).
Unter Beachtung der Anforderung an eine tiergerechte Haltung und den Umweltschutz wurden Vorschläge für die Umgestaltung eines Rauhfutterlagers zur Milchviehhaltung erarbeitet. Dem Verfahren liegen Liegeboxen mit Einstreu, mobile Entmistung, mobile

Fütterung, melken in einem Fischgrätenmelkstand und Schwerkraftlüftung zugrunde. Der Investitionsbedarf liegt bei etwa 3000,00 DM/Kuhplatz (BENDULL, 1993).

Wie eingangs erwähnt werden etwa 60 % der großvolumigen Flachsilos, die im Rahmen der Spezialisierung vor der Wende den Pflanzenbaubetrieben zugeordnet waren, nicht mehr genutzt. Zur besseren Nutzung des genetischen Potentials der Mutterkühe, der Senkung der Kälberverluste und des Tier- und Umweltschutzes wurden Vorschläge für Verfahrensvarianten und für den Umbau von großvolumigen Flachsilos mit Breiten von 21 und 24 m und Seitenwandhöhen von 3,6, 4,2 und 5 m sowie einer Länge von 60 m erarbeitet. Bei einer Liegefläche von 4 m²/Kuh und Kalb kostet ein Tierplatz 800,00 bis 850,00 DM. Unter Bezugnahme auf betriebswirtschaftliche Untersuchungen in Dummerstorf kann auch unter diesen Bedingungen mit Gewinn bei der Mutterkuhhaltung gerechnet werden. Eine Lösungsvariante ist dargestellt (BENDULL/ GAERTHS, 1994; KARWATH/SCHINKE, 1994).

In diesem Zusammenhang darf der Bundeswettbewerb „Landwirtschaftliches Bauen" nicht unerwähnt bleiben. Seit der Wende nehmen auch Landwirtschaftsbetriebe der östlichen Bundesländer an diesem Wettbewerb teil. Im Rahmen übergeordneter Themen wie Standortfragen, extensive Grünlandnutzung ohne Milchvieh, Immissionsschutz, Altgebäudenutzung sowie umwelt- und tiergerechte Nutztierhaltung konnten auch Landwirtschaftsbetriebe der östlichen Bundesländer den Anforderungen der Bundesprüfungskommission gerecht werden und Auszeichnungen entgegen nehmen.

Insgesamt ist festzustellen, daß eine Vielzahl wissenschaftlicher Ergebnisse von verschiedenen Forschungseinrichtungen erarbeitet wurden (Abb. 1).

	Wissenschaftliche Einrichtungen					
Wiss. Beiträge für Stallanlagen	**FAL/ILB**	**HU**	**ATB**	**DLG**	**KTBL**	**Univ. München**
- Umgestaltung von typisierten Wirtschaftsgebäuden						
· Milchviehställe L 201 u. L 203	X	X	X	X	X	
· Milchviehgroßanlagen MVA 1232 u. MV 1930	X		X			
· Kälberaufzuchtanlage AP 1600 Tierplätze			X			
· Flachsiloanlagen			X			
· Bergeräume	X		X			
- Neubau	X	X			X	X
- Softwarepaket						
· CAD-System RIBCON und	X					
· AVA-Programm IDEALG	X					

Abb. 1: Beispiele für wissenschaftliche Ergebnisse zur baulichen Umgestaltung von alten Wirtschaftsgebäuden und Stallneubauten für die Rinderhaltung (erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)

Diese ergänzen sich und sind geeignet, künftigen Nutzern eine Entscheidungshilfe zu geben. Die Berücksichtigung wesentlicher Einflußfaktoren und deren Wirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von Verfahren und Verfahrensabschnitten reduziert das Risiko für Fehleinschätzungen.
Die Bedeutung dieser Forschungsergebnisse halte ich auch für den sich vollziehenden Strukturwandel in osteuropäischen Ländern für wesentlich.

Entwicklungstendenzen

Obwohl der Umbruch in der Struktur der östlichen Bundesländer noch nicht abgeschlossen ist, besteht die Notwendigkeit, sich künftigen Markterfordernissen innerhalb der Europäischen Union anzupassen.

Folgende Schwerpunkte sind erkennbar:

1. Zunehmende Qualität bei der Produktion von Lebensmitteln, um Marktanforderungen gerecht zu werden
2. Erzeugung von Rohstoffen
3. Ökologische und gesellschaftliche Dienstleistungen

Zur weiteren Anpassung an die Marktbedingungen der Europäischen Union und die Quotenregelungen sowie die Sicherung der Qualitätsanforderungen an Verfahren und Produkte der tierischen Produktion erscheint Forschungsbedarf bei folgenden Verfahrensabschnitten und Prozessen der Tierproduktion notwendig.

1. Verfahren zur Lagerung und Konservierung von hochwertigem wirtschaftseigenem Futter, die einem Schimmelpilzbefall und die dadurch verursachte Mykotoxinbildung unterbinden, als Grundlage für die Erzeugung von Qualitätsmilch und -fleisch
2. Weitere Vervollkommnung von umwelt- und tiergerechten Haltungsverfahren vor allem für Rinder, Schweine und Geflügel
3. Emissions- und Immissionsminderung bei der Nutztierhaltung
4. Rationelle Verfahren für die Fütterung und leistungsgerechte Rationsgestaltung vor allem aus wirtschaftseigenem Grundfutter
5. Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Verfahren der Mutterkuhhaltung durch Senken der Kälberverluste, Verbessern der Fleischqualität aus ökologisch orientierter Haltung sowie Pflege extensiv genutzter Landschafts- und Grünlandgebiete.

Einige Themen sollten Schwerpunkte der nächsten internationalen Tagung sein. Zur besseren Verständigung verschiedener agrarwissenschaftlicher Disziplinen untereinander sollte in absehbarer Zeit eine begriffliche Definition und Abstufung von Schutzzielen für die Umwelt und Tierhaltung angestrebt werden. Forschungsprojekte und deren Inhalte könnten dadurch eindeutiger formuliert und auf ihre Wirkung bewertet werden. Faßt man Diskussionen zu dieser Thematik zusammen, so könnte sich folgendes Bild ergeben (Abb. 2).

Ausgehend von den Schutzzielen sollten Toleranzgrenzen für diese Schutzziele formuliert werden, um vorsorglich zu vermeiden, daß überhöhte Anforderungen gestellt werden. Oft sind Anforderungen an Verfahren oder Verfahrensabschnitten sehr hoch, weil zu erwartende Folgewirkungen nicht bekannt sind. Verbal könnten die Schutzziele mit tierverträglich, tierschonend und tiergerecht charakterisiert werden. Die Schaffung von Voraussetzungen für höhere Schutzziele sollte vor allem Gegenstand künftiger wissenschaftlicher Arbeit sein und die weitere wissenschaftliche Durchdringung der Wechselbeziehungen Mensch/Umwelt/Tier zum Inhalt haben.

Bezeichnung von Schutzzielen	Umwelt verträglich tier verträglich	Umwelt schonend tier schonend	Umweltgerecht tier gerecht
Charakterisierung der Schutzziele	- Nachteilige Folgen noch nicht durchgehend vermeidbar - Die Einhaltung von Grenzwerten wird kontrolliert - Das Risiko ist vertretbar. ***mittleres Schutzziel***	- Nachteilige Folgen nahezu vermeidbar - Belastungsgrenzwerte werden im wesentlichen eingehalten - Das Risiko ist gering ***hohes Schutzziel***	- Primäres Ziel, Umwelt und Tiere gezielt zu fördern - Zulässige Belastungsgrenzwerte werden eingehalten - Risiko sehr gering ***sehr hohes Schutzziel***
Erfüllung der Anforderungen an umwelt- und tiergerechte Bedingungen			
Schaffung von Voraussetzungen für höhere Schutzziele	- Wissenschaftliche Durchdringung der Wechselbeziehungen Mensch/Umwelt/Tier		- Nutzung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse bei der Gestaltung von Haltungsformen, u. a. durch moderne * Meß- und Steuertechnik * Bau- und Mechanisierungslösungen * Managementsysteme

Abb. 2: Abstufung von Schutzzielen für die Umwelt und Tierhaltung (OTTO, 1995)

Literatur

AUTORENKOLLEKTIV (1991): Milchviehhaltung in großen Beständen. KTBL-Arbeitspapier Nr. **164**.

BENDULL, K. (1993): Vorschläge zum Umbau eines Rauhfutterbergeraumes der Agrargenossenschaft Buschow in einem Milchviehstall. Institut für Agrartechnik, April.

BENDULL, K.; BREHME, U. (1993): Lösungsvorschläge und Bewertungsergebnisse als Grundlage für die weitere Nutzung von Milchviehtypenställen in den neuen Bundesländern. Abschlußbericht des ATB.

BENDULL, K.; BREHME, U. (1994): Lösungsvorschläge und Bewertungsergebnisse für die weitere Nutzung von großen Kälbertypenställen in den neuen Bundesländern. Abschlußbericht des ATB.

BENDULL, K.; GAERTHS, E. (1994): Umbaulösungen von großvolumigen Horizontalsilos zu Mutterkuhställen. Forschungsunterlagen des ATB.

BREHME, U.; TRÖGER, F. (1994): Weiternutzung großer Rinderställe in den neuen Bundesländern. DLG-Arbeitsunterlage.

GARTUNG, J.; HAAKE, K.-W.; HARTMANN, W.; PIOTROWSKI, J. (1993): Neubau von großen Milchviehställen. Landtechnik **48**, H. 1/2, S. 11-14.

GARTUNG, J.; UMINSKI, K. (1995): Umbau von Typenställen. Landtechnik **50**, H. 1, S. 42-43.

KARWATH, H.; SCHINKE, E. (1994): Ohne Prämien bleibt nichts übrig. Betriebswirtschaftliche Konsequenzen für die Mutterkuhhaltung in den Grünlandregionen Mecklenburg-Vorpommerns. Neue Landwirtschaft, H. 2, S. 55-57.

OTTO, G. (1995): Diskussionsbeitrag - Umwelt- und tierverträgliche Haltungssysteme (unveröffentlicht). Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Februar.

PIOTROWSKI, J. (1993): Gebäudesubstanz in Großbetrieben. Landtechnik **48**, H. 1/2, S. 3.

RITTEL, L. (1994): Betriebsgebäude für die Landwirtschaft Bauen mit Holz in der Landwirtschaft, S. 22-34, BML, Ref. Messen und Ausstellungen, Januar.

Tierhaltung und Umwelt

Herman Van den Weghe[1]

Einleitung

Die intensive Landbewirtschaftung und insbesondere die Intensivtierhaltung einschl. Verwertung der anfallenden Wirtschaftsdünger tragen in erheblichem Umfang zur Emission von umwelt- und direkt oder indirekt klimarelevanten Gasen bei. Die einhergehenden Umweltbelastungen hängen ebenso wie die Höhe der klimawirksamen Emissionen vielfach direkt von der Produktionsintensität sprich von der Düngungsintensität, der Besatzdichte pro Flächeneinheit und von der Verfahrenstechnik ab. Nachfolgend wird auf Entstehung, Umfang und Reduzierungsmöglichkeiten der klimawirksamen Gase in Verbindung mit der Nutztierhaltung eingegangen.

Methanemissionen aus der Tierhaltung

Methan ist nach Kohlendioxid das zweitwichtigste Treibhausgas in der Atmosphäre. Die gesamten natürlichen und anthropogenen Methanemissionen werden weltweit auf etwa 500 Mio t pro Jahr geschätzt, davon sind etwa 70 % anthropogenen Ursprungs, weltweit werden fast 60 % durch die Landwirtschaft emittiert. In der BR Deutschland lagen die anthropogenen Methanemissionen 1990 laut BMU (1993) bei sechs Millionen Tonnen, etwa ein Drittel - 2,05 Millionen Tonnen - ist laut Dritter Bericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ (1994) auf die Landwirtschaft - sprich auf die Tierhaltung - zurückzuführen (Abbildung 1).

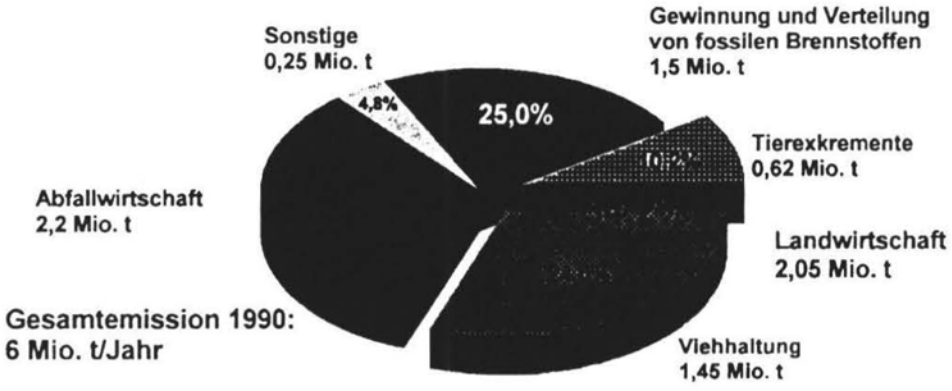


Abb. 1: Anthropogene Methanemissionen in der BR Deutschland (nach BMU, 1993)

[1] Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe, Forschungs- und Studienzentrum der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstraße 22, 49377 Vechta

Tabelle 1: Methanproduktion von landwirtschaftlichen Nutztieren in Deutschland (Stand 1992, ABL+NBL)

Tierart	CH_4 [1] (l/Tag)	CH_4 [1] (kg/Jahr)	Tierzahl [2]	CH_4 (t/Jahr)	Anteil in %
Rinder < 1 Jahr	80	21	5 472 000	114 912	*9,72*
Rinder > 1 Jahr	250	65,5	5 370 000	351 735	*29,76*
Milchkühe	450	118	5 365 200	633 094	*53,57*
Schafe	30	8	2 386 000	19 088	*1,61*
Schweine	6	1,5	26 514 400	39 772	*3,36*
Pferde	70	18	531 000	9 558	*0,80*
Geflügel	0,5	0,13	104 014 000	13 522	*1,14*
Gesamt				1 181 681	100

[1] Emissionsfaktoren nach Graßl u.a., 1991; EPA, 1992
[2] (BML, 1993)

Tabelle 2: Globale Entwicklung der Rinder- und Schafhaltung sowie der jährlichen Methanemissionen durch landwirtschaftliche Nutztiere in den vergangenen 100 Jahren (Crutzen u.a., 1986)

	1890	1921 bis 1925	1941 bis 1945	1961 bis 1965	1983
Rinder (in Mio.) CH_4 durch Rinder (in Mio. t)	310 11	640 25	740 30	1016 43	1225 54
Schafe (in Mio.) CH_4 durch Schafe (in Mio. t)	590 3	645 3	755 4	1007 6	1137 7
CH_4 durch weitere Nutztiere (in Mio. t)	3	6	8	11	13
Gesamt-CH_4 (in Mio. t)	17	34	42	60	74

Der Verdauungstrakt der Wiederkäuer ist mit einem Anteil von etwa 94% die wichtigste Methanquelle innerhalb der Tierhaltung. Messungen der Methanbildung im Tierkörper sind bei vielen Tierarten durchgeführt worden. Dabei hat sich herausgestellt daß es z.B. bei Rindern große Unterschiede zwischen Milchkühen und Mastrindern gibt, es genetische und altersmäßige Unterschiede gibt, daß aber auch die Produktionsweise (Weidehaltung, Stallhaltung, extensiv, oder intensive Tierhaltung), vor allem aber die Futterzusammensetzung eine herausragende Rolle spielt.

Durch eine intensive Fütterung mit hochwertigen Futtermitteln kann der Energieverlust durch Methanbildung deutlich gesenkt werden. Insgesamt führen eiweiß- und fettreiche Futtermittel zu geringeren Methanbildungsraten, während kohlenhydrat- und zellulosereiche Nahrung hohe Methanbildungsraten zur Folge haben.

Hochleistungskühe produzieren - optimierte Fütterung vorausgesetzt - je kg Milch die geringste Methanmenge. In den letzten Jahren sind die Rinderzahlen in der BRDeutschland insgesamt rückläufig, so daß die Methanemissionen aus dem Verdauungstrakt von Nutzungstieren tendenziell sinken. Im Jahre 1992 lagen sie schätzungsweise noch bei knapp 1,2 Millionen Tonnen (vgl. Tabelle 1). Alle genannten Zahlen beruhen auf statistischen Angaben und Berechnungen an Hand von Emissionsfaktoren.

Insgesamt muß festgehalten werden daß die Methanemissionen durch landwirtschaftliche Nutztiere in den letzten hundert Jahren um mehr als das vierfache gestiegen sind (s. Tabelle 2) und bedingt durch das ständige Wachstum der Weltbevölkerung der Bedarf an Fleisch und Milch vor allem in den Schwellen- und Entwicklungsländern weiter wachsen wird. In den westlichen Industrieländern kann dagegen von einem sinkenden Bedarf an Fleisch und Milchprodukte ausgegangen werden so daß hier in Verbindung mit einer Leistungssteigerung der Tiere die Methanemissionen aus der Tierhaltung voraussichtlich sinken werden.

Methanemissionen aus den Exkrementen

Die tierischen Exkremente sind nach BEESE (1994) vor allem wegen der Menge sowie des hohen Gehalts an organischer Substanz (10 bis 23%) und den vorhandenen anaeroben Mikroorganismen eine bedeutende Methanquelle. Die Lagerung der Gülle führt sehr rasch zu anaeroben Bedingungen die in Verbindung mit den mikrobiellen Abbauprozessen zur Methanogenese führen. Exkremente von Tieren, die mit energiereichem Futter versorgt werden, enthalten einen größeren Anteil leicht abbaubare organischer Substanz, die zu einer höheren Methanbildung führt. Aufgrund der tierartabhängigen Zusammensetzung der Exkremente ergeben sich große Unterschiede in den potentiellen Methanbildungsraten. Nach bisherigen Messungen ist die maximale Methanbildungsrate bei Schweinegülle größer als die von Rindergülle. Eine Erkenntnis die uns auch bereits im Rahmen der Biogasforschung bekannt war. Wieviel Methan bei der Lagerung der Exkremente tatsächlich emittiert wird, hängt von der Lagerzeit , der Temperatur, des pH-Wertes, aber auch vom Sulfat und Nitratgehalt der Gülle ab. Bei sehr langen Lagerzeiten kann nach JOHNSON et al. (1991) nahezu die gesamte organische Substanz - außer Lignin - in Methan umgesetzt werden.
Die rasche Austrocknung der Exkremente und ihre Lagerung in fester Form begrenzt dagegen die gesamten mikrobiellen Prozesse zur Methanbildung. Bei Festmistlagerung kommt es daher in der Regel nur zu einer Methanbildung in Höhe von 5 bis 10 % der maximalen Methanbildungsrate. Allerdings muß hier angemerkt werden daß die exakte Emissionsrate nur unter großen Schwierigkeiten ermittelt werden kann.

Dies liegt unter anderem an der geringen Zahl , Dichte und Kontinuität der bisherigen Meßreihen , sowie an der häufig unzureichenden Meßtechnik. Zur Zeit wird davon ausgegangen, daß unter den Systemen für die Förderung und Lagerung von Exkrementen,die Flüssigmistsysteme zur weitaus größten Menenfreisetzung von Methan (etwa 90%) aus tierischen Exkrementen in der BR Deutschland führen. Auf die Tierart bezogen haben die Exkremente von Schweinen auf Grund der Zusammensetzung der Exkremente und des hohen Flüssigmistanteils mit knapp 40% hier den größten Anteil (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Methanemissionen aus den Exkrementen der landwirtschaftlichen Nutztiere in Deutschland (1992) in 1000t/Jahr

Tiergruppe[1)]	Maximale Methan-produktions kapazität[2)]	Flüssigmist-systeme	Festmist-systeme	Weide-haltung	Andere Systeme	Summen Tiergruppen	Anteil der Tiergruppen in %
Rinder	1 248	103	0,4	6,2	5,6	115,2	*23,8*
Milchkühe	2 022	140	13,7	2,4	1,0	157,1	*32,4*
Schweine	1 585	183	5,5	—	—	188,5	*38,9*
Schafe	71	—	0,02	0,93	0,39	1,3	*0,3*
Pferde	192	—	—	2,7	0,38	3,1	*0,6*
Hühner	190	3,7	0,03	0,06	16,0	19,8	*4,1*
Summen Systeme	5 308	429,7	19,6	12,3	23,4	485,0	*100*
Anteil Systeme in %	—	*88,6*	*4,0*	*2,5*	*4,8*	*100*	

1) BML, 1993
2) max. Methanbildungsraten nach EPA, 1993; In: Heyer, 1994; Angenommene Methanumwandlungsfaktoren: Flüssigmistsysteme: 15%; Feststofflagerung: 1,5%; Andere Systeme/allgemein: 5%; Andere Systeme/Geflügel: 10%

Distickstoffemissionen

In Deutschland wird Lachgas in erster Linie bei industriellen Prozessen und durch die Landwirtschaft - insbesondere bei der Düngung - freigesetzt. Die gesamten anthropogenen Lachgasemissionen werden vom BMU (1993) für das Jahr 1990 auf 225 000 t geschätzt (s. Abbildung 2).

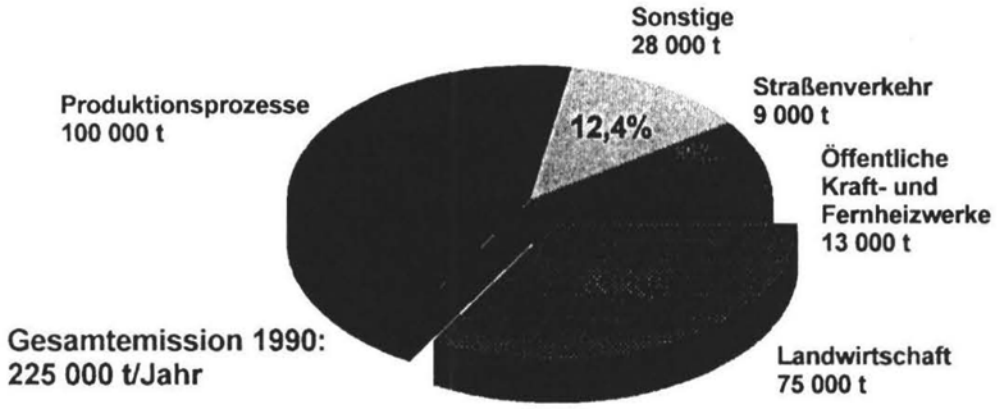


Abb.2: Anthropogene Lachgasemissionen in der BR Deutschland (nach BMU, 1993)

Davon treffen etwa ein Drittel auf die Landwirtschaft zu. Die Vielzahl der beteiligten biotischen Prozesse (Nitrifikation, Denitrifikation, Reduktion von Nitrat zu Ammonium), sowie die Komplexität der Umweltfaktoren und deren Veränderungen über Zeit und Raum bereiten erhebliche Schwierigkeiten bei der Abschätzung der Lachgasemission (s. Tabelle 4). Hier sei lediglich auf den Einfluß der Wassersättigung auf die Nitrifikations- und Denitrifikationsprozeße hingewiesen (s. Abbildung 3).

Tabelle 4: Bestimmungsfaktoren des N_2O/N_2-Verhältnisses bei der Denitrifikation (in BEESE, 1994)

Faktoren	ERHÖHT DAS N_2O/N_2-VERHÄLTNIS
(NO_3^-) ODER (NO_2^-)	steigende Konzentration des Elektronenakzeptors
Sauerstoff	Anstieg des Sauerstoffpartialdruckes
Kohlenstoff	Abnahme der C-Verfügbarkeit
pH	sinkender pH-Wert
Temperatur	sinkende Temperatur
Enzym-Status	erniedrigte N_2O-Reduktase-Aktivität

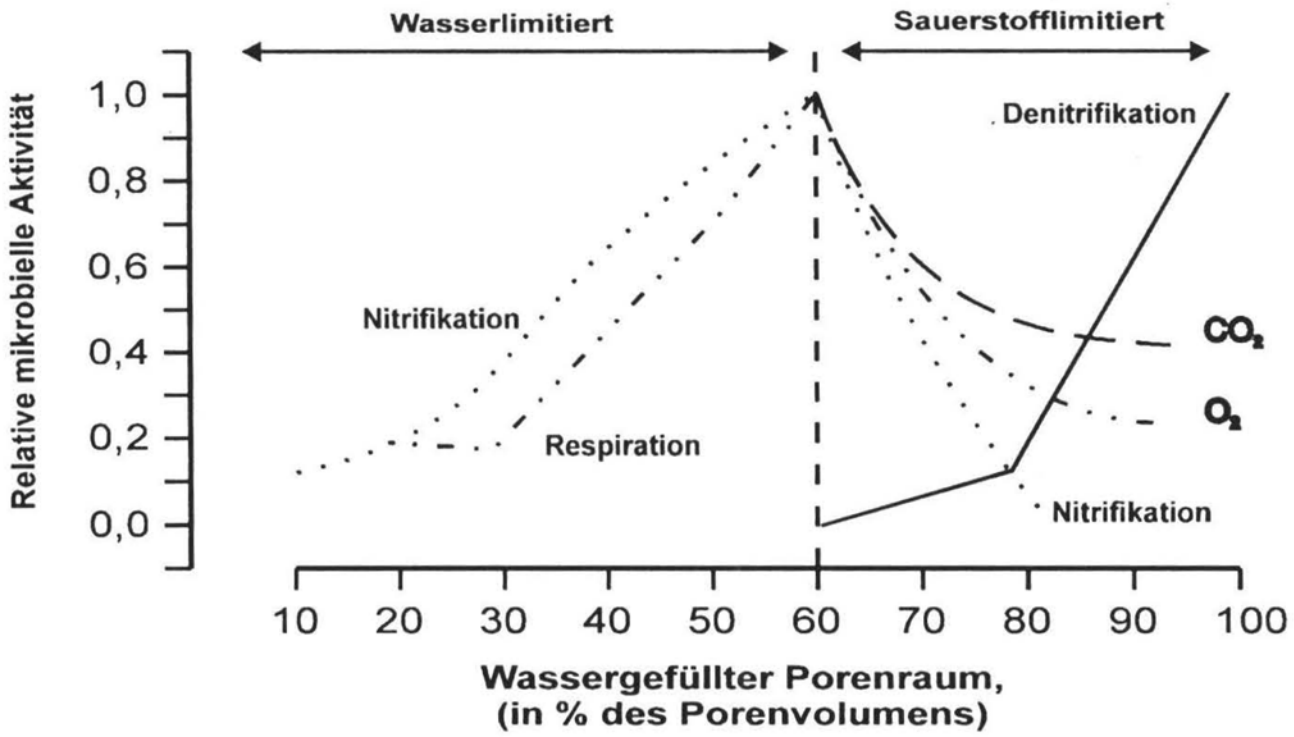


Abb.3: Relative mikrobielle Aktivität in Abhängigkeit der Wassersättigung des Bodens (nach BEESE, 1994).

Alle bisherigen Angaben zu den Lachgasemissionen beruhen ausschließlich auf die Anwendung von Mineraldüngern. Noch nicht berücksichtigt ist der Eintrag durch Wirtschaftsdünger und die Emissionen aus den Tierhaltungssystemen selbst. Die Ammoniakemissionen die als trockene und nasse Depositionsraten auf die Böden zurückgeführt werden führen indirekt zu weiteren Lachgasemissionen durch Umsetzungsprozeße in den Boden. Die Stickstoffeinträge durch trockene und nasse Deposition liegen nach BEESE(1994) zwischen 10 und 80kg N/ha und Jahr. Sie können regional gesehen auch deutlich höher ausfallen (KREUTZER, 1993). Da die Nutztierhaltung teilweise besonders hohe N-Bilanzüberschüsse (> 200 kg N/ha und Jahr) aufweist muß davon ausgegangen werden daß die Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft in den bisher vorliegenden Zahlen deutlich unterschätzt werden.

Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache daß die Lachgasemissionen mit steigendem Stickstoffumsatz oder auf die Tierhaltung bezogen mit steigenden N-Bilanzüberschüssen im Boden, stark überproportional zunehmen. Die Entwicklung des Stickstoffeinsatzes für die BR Deutschland (vgl. Abbildung 4) zeigt zwar deutlich die durchschnittliche Entwicklung des N-Einsatzes im Durchschnitt für alle Flächen, ist aber auf Grund vorhandener regionaler Tierkonzentrationen nicht annährend eine Basis für exakte Emissionsberechnungen.

Nach nicht abgesicherten Schätzungen der Enquete- Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" (1994), dürften die tatsächlichen Lachgasemmisionen aus der Landwirtschaft eher bei 107 Tausend Tonnen und damit 40% höher liegen als bisher vom BMU (1993) auf Basis des Mineraldüngereinsatzes errechnet wurde.

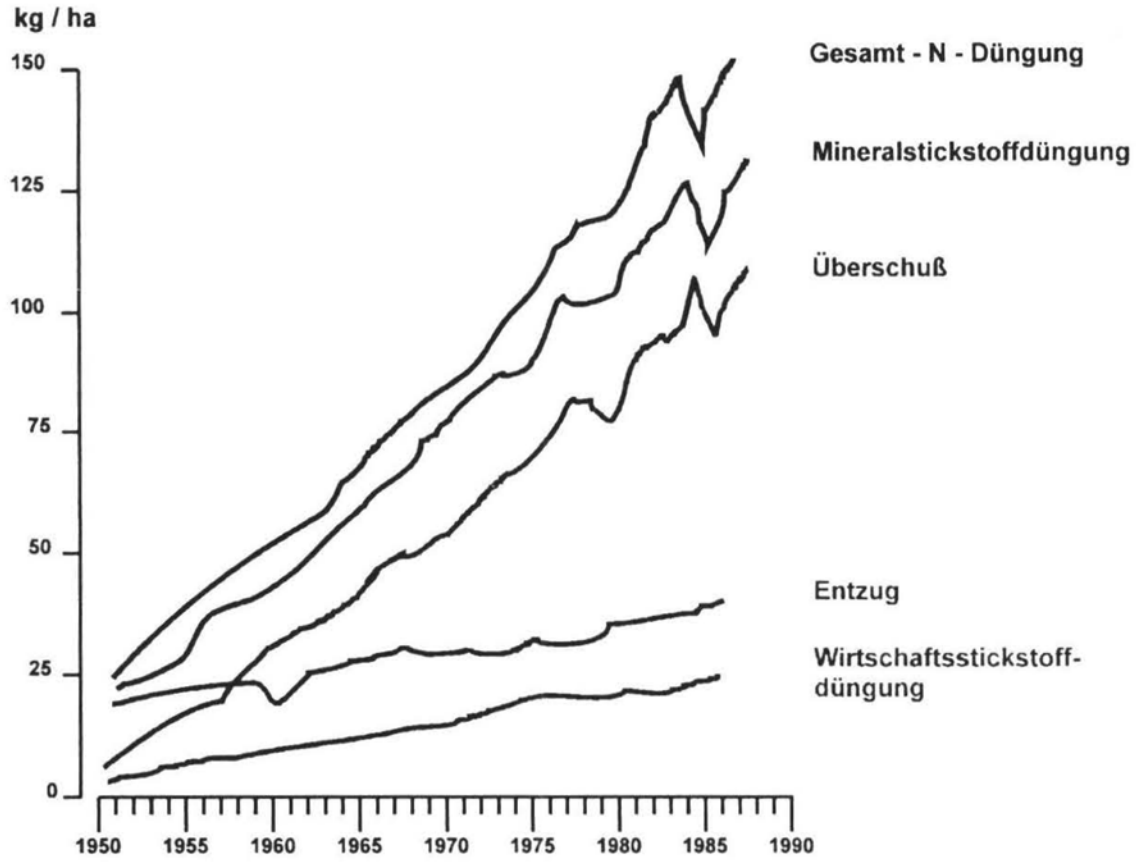


Abb.4: N-Einsatz und N-Überschüsse auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in der BR Deutschland

Verfahrenstechnische Maßnahmen zur Minderung der Methanemissionen

Ein Teil der durch die Tiere aufgenommenen Futterenergie dient zur Erhaltung der Lebensfunktionen, der Rest wird in (Verkaufs)produkte (Milch, Fleisch, Eier, exkremente usw.) umgewandelt. In Abhängigkeit der Verwertbarkeit des Futters geht ein nicht unerheblicher Teil der Energie ungenützt verloren und wird überwiegend in Form von Methan abgegeben. Bei Wiederkäuern kann dies bis zu 12% der im Futter enthaltenen Energie sein. Eine bessere Futterverwertung, bei höherer Leistung auch höhere Futtermengen führen zu höheren Methanemissionen pro Tier, ausgehend von einer vorgegebener Produktmenge aber zu einer deutlich geringeren Methanmengen je Produkteinheit. Verbesserung der Futterzusammensetzung und -verwertung, Leistungssteigerung durch Tierzüchtung sowie Veränderung der Pansenflora oder Verbesserung der Reproduktionsleistung sind konkrete Möglichkeiten zur Reduzierung der Methanemissionen pro Produkteinheit, die aber teilweise (z.B. Leistungsförderer) in der Öffentlichkeit kritisch gesehen werden. Zusätzliche produktionstechnische Möglichkeiten zur Leistungssteigerung die rechtlich unzulässig sind bleiben hier deshalb erst recht unerwähnt.

Bei den Methanemissionen aus den Exkrementen sollen die verfahrenstechnischen Maßnahmen bei den Flüssigmistsystemen - die nach HEYER (1994) etwa 90% der Methanemissionen aus den Exkrementen verursachen - ansetzen.

Bedingt durch die Verlängerung der Lagerzeit für Gülle haben die Methanemissionen in den letzten Jahren tendenziell zugenommen. Abdeckung der Güllebehälter bringt hier nur Vorteile wenn das kontinuierlich gebildete Biogas aufgefangen und energetisch verwertet wird.

Mit relativ einfachen Technologien die momentan in der Regel dennoch unwirtschaftlich sind könnten die Methanemissionen aus Güllebehältern rechnerisch um 70% reduziert werden (HEYER, 1994) und dabei gleichzeitig Energie gewonnen werden. Auf die Kostenstruktur und Technologie der Biogaserzeugung wird hier nicht näher Eingegangen. Es ist darauf hinzuweisen, daß bei einem flächendeckenden Einsatz von Biogasanlagen der stark verringerte Eintrag von Kohlenstoff und organischer Substanz im Boden langfristig gesehen negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit haben könnte. Die Festmistwirtschaft hat bezüglich der Methanemissionen deutliche Vorteile, da im Vergleich zu Flüssigmist erheblich weniger Methan entsteht und voraussichtlich keine zusätzlichen verfahrenstechnische Maßnahmen erforderlich werden.

Verfahrenstechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Distickstoffemissionen

Die teilweise erheblichen Stickstoffüberschüsse in den Tierhaltungsbetrieben, und die Überdüngung der Böden führen nicht nur zur Nitratbelastung von Nahrung und Grundwasser und erhöhten Ammoniakemissionen, sondern haben auch erhebliche klimarelevante Folgen. Daher wäre auch zur Reduzierung der Lachgasemissionen ein weitgehend geschlossener Nährstoffkreislauf bzw. eine Flächenbindung der Tierhaltung zur Reduzierung der Lachgasemissionen sehr hilfreich. Auf die möglichen Bodenbearbeitungsmaßnahmen wird hier aus thematischen Gründen nicht eingegangen. Selbstverständlich sind alle Fütterungsstrategien die zu einer Reduzierung des N-Inputs führen auch in Bezug auf die Reduzierung des Lachgaspotentials sowohl direkt wie indirekt äußerst wirksam. Die im Rahmen der geplanten Düngeverordnung zu erwartende betriebliche Stickstoffbilanzierung kann auch bezüglich des Lachgases Abhilfe schaffen, um so mehr als wie bereits ausgeführt die Lachgasemissionen mit der Höhe des N-Bilanzüberschusses stark überproportional ansteigen.

Über die Entstehung von Lachgas in Tierhaltungssystemen und bei den verschiedenen Wirtschaftsdüngerarten liegen weltweit keine wissenschaftliche Arbeiten vor die es zulassen abzuschätzen wieviel Lachgas bei den einzelnen Flüssigmist- und Festmistverfahren entsteht. Die Bildung und Emission von Lachgas ist bei keinen der üblichen Systemen der Düngerwirtschaft untersucht worden. Einzelne nicht verallgemeinerbare Emissionsmessungen deuten aber darauf hin, daß bei bestimmten Verfahren der Festmistwirtschaft und bei der Kompostierung tierischer Exkremente unter anoxischen Bedingungen erhebliche Lachgasmengen entstehen können. Hier liegt für die Verfahrenstechnik insgesamt ein großer Forschungsbedarf vor, so daß konkrete Angaben über verfahrenstechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen bzw.der Bewertung einzelner Verfahren für diesen Bereich zur Zeit leider nicht möglich sind.

Es bleibt abschliessend zu ergänzen daß alle Maßnahmen die zu einer Reduzierung der Ammoniakemissionen bei der Lagerung und Ausbringung von Exkrementen führen, indirekt auch zur Minderung der Lachgasemissionen beitragen; vorausgesetzt die nichtemittierten Ammoniakmengen gehen in die Stickstoffbilanz ein und führen nicht zu einem zusätzlichen Überschuß auf die landwirtschaftliche Nutzfläche.

Literatur

BEESE, F.(1994): Gasförmige Stickstoffverbindungen. In: Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages - Band 1: Landwirtschaft, Economica Verlag Bonn.

BINGEMEIER, H.(1993): Lachgasemissionen bei der Kompostierung organischer Abfälle. In: Emissionen der Treibhausgase Distickstoff und Methan in Deutschland. UBA - Berichte 9/93, Erich Schmidt Verlag Berlin.

BMU (1993): Klimaschutz in Deutschland. BMU (Hrsg.), Bonn.

CRUTZEN, P.J.; ASELMANN, I. und W.SEILER (1986): Methane Production by Domestic Animals, Ruminants, Other Herbivorous Fauna and Humans, Tellus, 38B, 271 - 284.

DEUTSCHER BUNDESTAG (1994): Dritter Bericht der Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre", Bundestagdrucksache 12/8350, Bonn.

HEYER, J.(1994): Methan. In: Enquete-Kommission "Scutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages - Band 1: Landwirtschaft. Economica Verlag, Bonn.

IPPC (intergovernmental Panel on Climate Change) (1992): Supplementary Report to the IPPC Scientific Assessment, University Press, Cambridge.

JOHNSON, D.E.; HILL, T.M.; WARD, G.M.; JOHNSON, K.A.; BRANINE, M.E.; CARMEAN, B.R.; LODMANN, D.W. und J. TORRENT (1991): Methane Emissions from Ruminants and Other Animals, NATO Advanced Research Workshops on the Atmosperic Methane Cycle.

NICKLIS; M. (1991): Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft - Umweltwirkungen und umweltpolitische Maßnahmen, Europäische Hochschulschriften, Reihe V Band 1189, Verlag Peter Lang, Frankfurt/Main, Bern, New York, Paris.

Mehrbildphotogrammetrie und digitale Bildverarbeitung als Methode und Planungshilfsmittel bei der Umnutzung landwirtschaftlicher Gebäude

Heiko Georg[1]

Einleitung

Der Konzentrationsprozeß in der Landwirtschaft wirkt sich im Zusammenhang mit dem ländlichen Strukturwandel direkt auf die Funktionalität landwirtschaftlicher Gebäude aus. Große Unterschiede in der Bausubstanz bezogen auf Alter, Material usw. und rechtliche Einschränkungen durch Bebauungspläne sowie Bestimmungen des Denkmalschutzes erschweren die Anwendung standardisierter Umnutzungskonzepte. Die individuelle Anpassung von Umnutzungsplanungen ländlicher Gebäude im Rahmen der Dorfentwicklung erfordert eine flexible Planung und anschauliche Darstellung möglicher Nutzungsvarianten. Die Methode der Photogrammetrie kann zu diesem Zweck durch die effektive Erfassung vorhandener Gebäudesubstanz und durch die Visualisierung möglicher Umnutzungsalternativen zur individuellen Planung von Umbauten beitragen.

Bauaufnahme

Für Umbaumaßnahmen benötigt man zur Vorplanung möglichst aktuelle Pläne des betreffenden Gebäudes. Landwirtschaftliche Betriebsgebäude unterliegen aber einer ständigen Veränderung durch An- oder Umbauten im Zeitablauf. Man kann also nicht mehr davon ausgehen, daß der Bauplan eines Gebäudes noch mit dem aktuellen Stand übereinstimmt. Zur Dokumentation bzw. Erfassung dieser Veränderungen wird eine Bauaufnahme notwendig. Wichtig ist die Bauaufnahme auch bei älteren Gebäuden, von denen keine Pläne existieren. Insbesondere im Zusammenhang mit Auflagen des Denkmalschutzes ist eine genaue Erfassung des Ist-Zustandes dieser Gebäude Voraussetzung für eine Umbauplanung. Für die praktische Bauaufnahme kann man nach CRAMER (1984) drei Methoden unterscheiden (Tab. 1). Die Übergänge zwischen diesen drei Methoden sind allerdings fließend, da auch Kombinationen zwischen allen genannten Verfahren möglich sind.

[1] Dr. H. Georg, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Tab. 1: Methoden der Bauaufnahme

Methode	Technik
klassisch	Maßband, Meterstab, Handskizze
Meßpunkt	Theodolit und Tachymeter, Nivelliergerät
Photogrammetrie	Réseaukamera, Hard- und Software

Methodik der Mehrbildphotogrammetrie

Das Prinzip der Mehrbildphotogrammetrie (Abb. 1) besagt, daß von einem Objekt aus verschiedenen, frei wählbaren Perspektiven und Blickwinkeln Aufnahmen gemacht werden, die sich überlappen und daher rechnerisch miteinander verknüpft werden können. In den Aufnahmen können Punkte und Strecken detailliert gemessen werden, um ein 3D-CAD-Modell zu entwickeln. Das Gebäude wird mit Hilfe einer Meßkamera (Réseaukamera) überdeckend aufgenommen. In Abb. 1 ist der Strahlengang korrespondierender Objektpunkte durch die jeweiligen Projektionszentren dargestellt. Durch die Messung gemeinsamer Punkte in mehreren Bildern können Punktverwechslungen vermieden werden. Die Genauigkeit dieser Vermessung beträgt 2,5 cm bei einem Bildmaßstab von 1:1000, da mit diesem System eine Bildmeßgenauigkeit von 0,025 mm erreicht wird. Die genaue Kalibrierung der Réseaukamera wird durch eine Glasplatte mit mikrometergenauen Rasterkreuzen (Réseau) möglich, die unmittelbar vor der Abbildungsebene der Kamera angebracht ist. Das Einmessen des Réseaugitters erfolgt werkseitig, gesondert für jede Kamera. Dadurch können Fehler, die durch die Deformation des Filmmaterials, bei der Entwicklung oder Vergrößerung der Bilder oder durch Verzerrungen des Objektives entstehen, korrigiert werden.

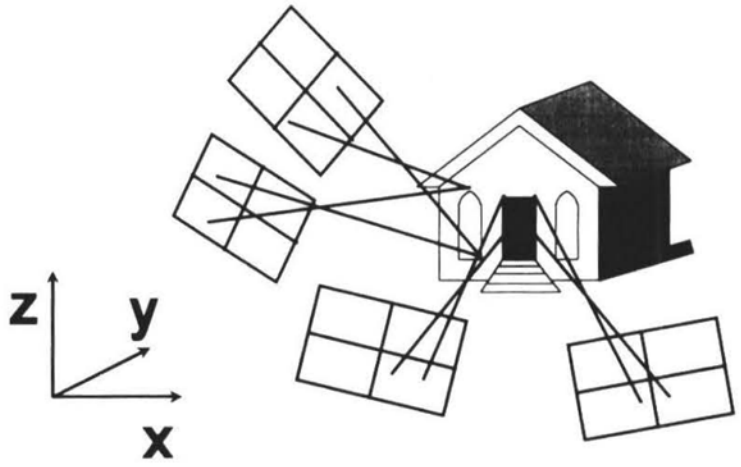


Abb. 1: Prinzip der Mehrbildphotogrammetrie (nach POMASKA, G. (1992))

Vorgehensweise

Im ersten Schritt der Auswertung im Büro werden die Aufnahmen des Gebäudes sowie Paßpunkte und korrespondierende Objektpunkte durchnumeriert. Die Aufnahmen werden auf dem Digitalisiertisch befestigt und die ungefähre Lage der Bilder zum Objekt wird im Auswerteprogramm eingegeben. Aufgrund dieser Daten kann im Programm eine erste Näherungsrechnung der Orientierungspunkte erfolgen. Die Eingabe der inneren Orientierungsdaten der Meßkamera (Kammerkonstante und Verzeichnungsparameter) geschieht anhand eines Kalibrierungsprotokolls.

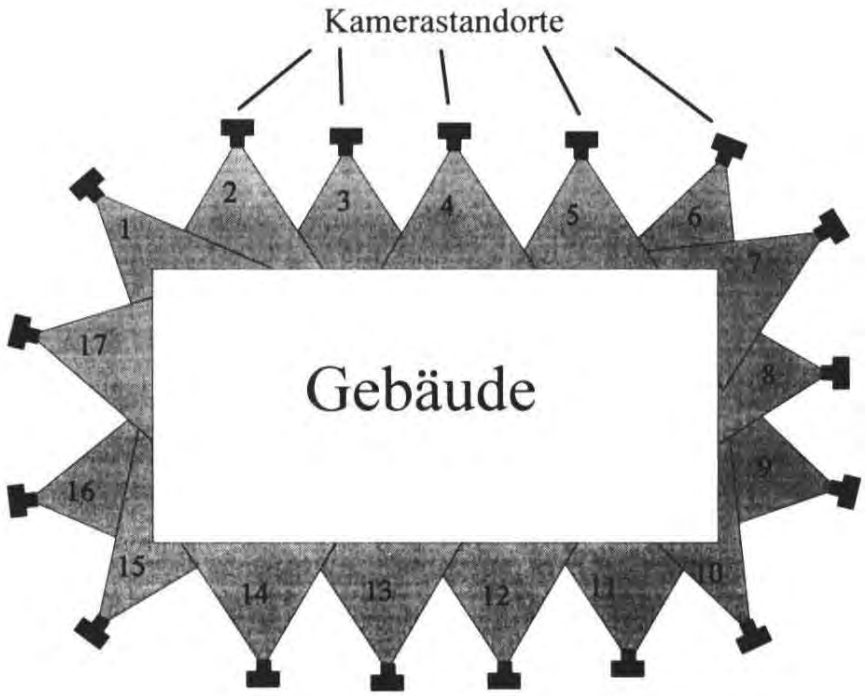


Abb. 2: Überdeckung der Kamerapositionen zur photogrammetrischen Vermessung eines Gebäudes (Draufsicht)

Abb. 3: Schematischer Ablauf einer photogrammetrischen Bauaufnahme

Im zweiten Schritt werden die exakten Bilddaten (Rasterkreuze und Objektpunkte) mit Hilfe der Digitalisier-Lupe eingemessen. Durch die Messung gemeinsamer Punkte in mehreren Bildern kann der Kamerastandort rechnerisch rekonstruiert werden. Für die Aufnahmen vor Ort bedeutet dies, daß der Kamerastandort frei gewählt werden kann. Die Messung gemeinsamer Punkte erhöht auch die Genauigkeit, mit der die einzelnen Objektpunkte bestimmt werden können. Dazu werden auch bekannte Strecken am Gebäude herangezogen, deren Maße bekannt sind. Beim Fehlen „natürlicher" Paßpunkte am Objekt müssen entsprechende Markierungen angebracht und vermessen werden. Nach der Messung in allen Bildern erfolgt im dritten Schritt eine sog. „Bündelausgleichung" der Punktkoordinaten durch das Programm nach dem Prinzip der Fehlerminimierung. Anhand von Plausibilitätsgrenzen können „Ausreißer" sichtbar gemacht werden und eventuelle Eingabe- oder Zuordnungsfehler korrigiert werden. Das Einmessen weiterer Bildkoordinaten ist dann Routinearbeit, deren Aufwand von der gewünschten Detailgenauigkeit bestimmt wird. Die Darstellung (Abb. 3) zeigt kurzgefaßt die einzelnen Schritte in der Anwendung der Photogrammetrie von der photographischen Aufnahme vor Ort bis zum dreidimensionalen CAD-Plan.

Die rekonstruierte Aufnahmesituation und bereits gemessene Punktkoordinaten bleiben in jedem Fall als spezielle Datei für das Auswerteprogramm erhalten, so daß bei einer Nachbearbeitung nur zwei Rasterkreuze je Bild gemessen werden müssen, um am Objekt nachträgliche Detailmessungen vornehmen zu können. Die „analog" gespeicherte Information der Gebäudedimensionen in Form von Bildern hat den Vorteil, daß das „Vergessen" von Maßen vor Ort nicht vorkommen kann, da alle Informationen aus den Bildern abgenommen werden können.

Beispiel einer photogrammetrischen Bauaufnahme

Zur Demonstration einer photogrammetrischen Messung wurde als Beispiel ein Gebäude auf dem Gelände der FAL in Braunschweig-Völkenrode ausgewählt. Bei dem Gebäude handelt es sich um ein massives Backsteingebäude, daß zur Zeit noch als Schweinestall genutzt wird. Im Rahmen einer Umbaumaßnahme soll dieses Gebäude zu einem Pferdestall mit Mehrraumauslaufhaltung umgebaut werden. Die Aufnahme des Gebäudes vor Ort erfolgte mit einer Réseaukamera bei einer Brennweite von 28 mm, so wie in Abb. 2 als Schema dargestellt. Abb. 4 stellt eines dieser Meßfotos dar; man erkennt darauf markierte Objektpunkte und einzelne Réseaugitterkreuze. Die Aufnahme wurde entsprechend der Ansicht des 3-D-Drahtmodells ausgewählt. Bei dem Drahtmodell handelt es sich um ein maßstäbliches Gebäudemodell, von dem beliebige Ansichten, wie z. B. Grundrißdarstellungen, ausgewählt werden können. Durch die genaue Vermessung können im CAD-Modell direkt Maße abgenommen werden und eine Umwandlung in ein Volumenmodell vorgenommen werden.

Erfahrungen und Ergebnisse

Der Zeitaufwand für die photogrammetrische Bauaufnahme bis zur Erstellung des einfachen 3-D-Drahtmodells betrug insgesamt 5.30 h. Auf die eigentliche Bauaufnahme vor Ort entfielen davon 1.10 h. Die Auswertezeit im Büro einschließlich der Orientierung der Bilder, Zuordnung von Paßpunkten und der Vermessung einiger Details betrug entsprechend 4.20 h. Als Ergebnisdarstellung wurde eine 3-D-CAD-Datei im DXF-Format erzeugt (s. a. Abb. 5). Details wurden zur Demonstration nur von dem dargestellten Giebel vermessen; von den anderen Ansichten wurden nur die äußeren Begrenzungspunkte (Hülle) aufgenommen. Probleme bestanden bei der Übernahme der 3-D-Daten in andere CAD-Systeme. Nicht jedes Programm mit einer sog. DXF-Schnittstelle ist in der Lage, diese Dateien auch dreidimensional zu übernehmen. Die Darstellung (Abb. 5) wurde schließlich durch die Übernahme in das Programm AutoCAD möglich. Mit Hilfe des CAD-Programms können für weitere Planungen Perspektiven, Grundrisse und Schnitte beliebig erzeugt werden.

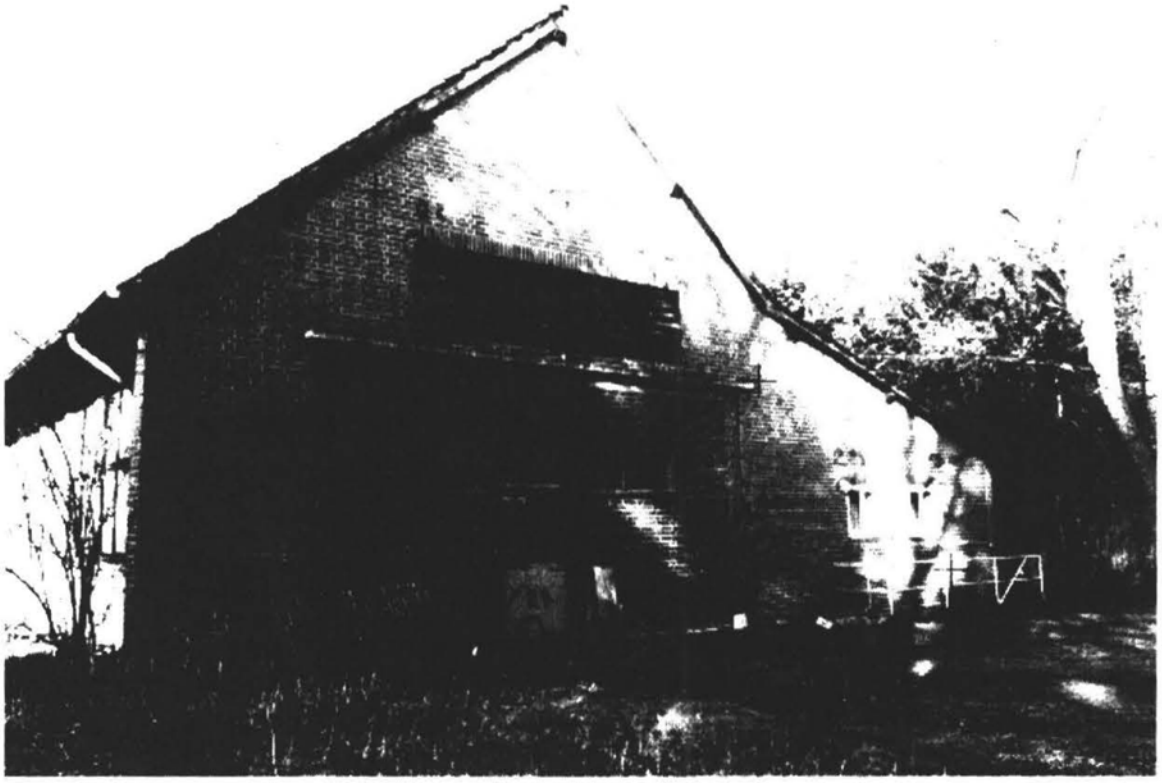


Abb. 4: Aufnahme (f = 28 mm) eines umzubauenden Stallgebäudes mit Rasterkreuzen (Réseau) und markierten Objektpunkten

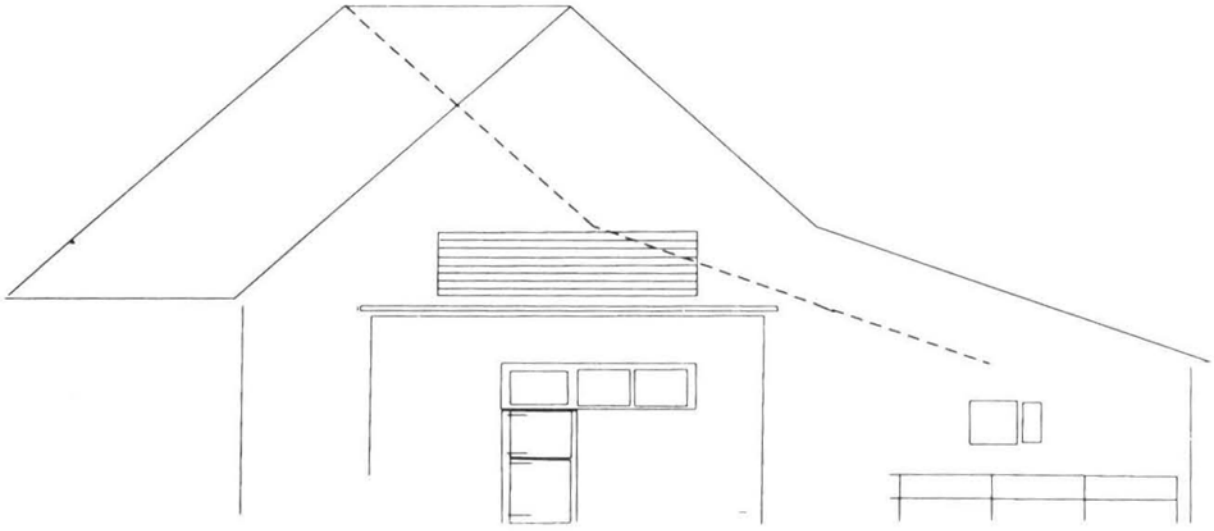


Abb. 5: CAD-Ansicht (Drahtmodell) des umzubauenden Stallgebäudes (s. Abb. 4) auf der Basis einer photogrammetrischen Messung

Anwendungsperspektiven

Neben der ausschließlichen Anwendung der Mehrbildphotogrammetrie zur Vermessung von Gebäuden sind aufgrund der universellen Eigenschaften dieser Methode noch weitere Anwendungen denkbar.

- Umbaulösungen landwirtschaftlicher Gebäude:

Bei der Erarbeitung von Umbau- bzw. Umnutzungskonzepten für landwirtschaftliche Gebäude handelt es sich oftmals um denkmalgeschützte Bausubstanz in zentraler Ortslage, für die keine Standardlösungen möglich sind. Insbesondere Details von Fachwerkgebäuden lassen sich mit Hilfe der Photogrammetrie genau erfassen, ohne daß ein längerer Aufenthalt oder aufwendige Messungen vor Ort notwendig wären.

- Visualisierung:

Für Vorplanungen könnten digital entzerrte 2D-Aufnahmen, die in Pläne integriert werden, mögliche Konsequenzen von Umbaulösungen auch für Laien verdeutlichen. Für die Planungen im Rahmen der Dorfentwicklung und Dorferneuerung bietet sich die Methode der Photogrammetrie ebenfalls an. Im einfachsten Fall könnten mit Hilfe der digitalen Bildentzerrung Häuserreihen oder Dorfstraßen als Ganzes erfaßt und alternativ dargestellt werden. Durch diese Visualisierung geplanter Veränderungen der Dorfstruktur könnten Entscheidungen für Dorfentwicklung transparenter gemacht werden. Mit Hilfe der Mehrbildphotogrammetrie könnte ebenso die Lage und Zuordnung landwirtschaftlicher Gebäude im Dorf als Ist-Zustand einfach erfaßt werden, auch wenn keine Lagepläne vorhanden sind. Damit wäre eine Erfassung und objektive Umplanung der Dorflage schneller durchführbar. Denkbar ist auch eine Abschätzung der Bausubstanz auf der Grundlage einfacher dreidimensionaler CAD-Pläne. Diese photogrammetrisch ermittelten Pläne könnten bei entsprechender weiterer Bearbeitung in einem Massenermittlungsprogramm verwendet werden.

- Vermessung von Innenräumen:

Bei dem Umbau von Altgebäuden, die in der Regel keine standardisierten Innenmaße haben, könnte überprüft werden, ob eine photogrammetrische Erfassung Vorteile in Bezug auf Genauigkeit und Zeitersparnis bringt. Die Erfassung komplexer Rohrleitungssysteme im Industriebereich legt nahe, eine Vermessung auch innerhalb größerer landwirtschaftlicher Gebäude durchzuführen. Bislang liegen noch keine Erfahrungen

einer Innenraumvermessung vor, die Beispiele aus dem industriellen Bereich zeigen aber, daß solche Vermessungen möglich sind.

Eine zusätzliche Möglichkeit der Nutzung des Aufnahmesystems besteht durch die Kombination von Motografie und Photogrammetrie. Dadurch läßt sich die Kamera auch zur ergonomischen Bewertung von Stallarbeitsplätzen und zur exakten Vermessung von Bewegungsabläufen bei Nutztieren verwenden.

Zusammenfassung

Die Mehrbildphotogrammetrie als optisches Meßverfahren für die Bauaufnahme bietet die Möglichkeit, Gebäude schnell vor Ort zu erfassen, während der arbeitsaufwendige Teil der Detailvermessung durch die Digitalisierung der Meßbilder im Büro stattfinden kann. Die analoge Dokumentation der Gebäude oder Anlagen erlaubt eine Ergänzung des Aufmaßes ohne zusätzliche Messungen vor Ort. Die Anwendung des photogrammetrischen Auswertungssystems bedeutet zwar am Anfang einen höheren Einarbeitungsaufwand, erfolgt aber ansonsten in der gewohnten Umgebung eines CAD-Arbeitsplatzes. Der höhere technische Aufwand der Mehrbildphotogrammetrie eignet sich allerdings nicht für gelegentliche Anwendungen dieses Werkzeugs. Anwendungsmöglichkeiten der Photogrammetrie im landwirtschaftlichen Bauwesen bestehen u. a. als Planungshilfsmittel im Rahmen der Umnutzung alter Gebäude und der Dorferneuerung.

Literatur

POMASKA, G. (1992): Mehrbildphotogrammetrie - ein CAD gestütztes Meßverfahren der Bauaufnahme. Vermessungswesen und Raumordnung **54**, H. 8, S. 411-420.

CRAMER, J. (1984): Handbuch der Bauaufnahme. Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart.

Vergleich zwischen Stallneubauten mit Fest- und Flüssigmistverfahren für größere Kuhbestände hinsichtlich Kapitalbedarf und Verfahrenskosten

Wilfried Hartmann[1] und Jürgen Gartung[2]

Einleitung

Zur Zeit stehen vermehrt Festmistverfahren für die Milchviehhaltung zur Diskussion, weil auf der einen Seite dadurch Einsparungen bei den Baukosten erhofft und auf der anderen Seite bessere Haltungsbedingungen für die Tiere erwartet werden. Stroh- bzw. Festmistverfahren wird nachgesagt, weniger negativ auf die Umwelt einzuwirken. Dem Festmist wird zudem eine positive pflanzenbauliche Wirkung zugeschrieben. Diesen Vorteilen stehen allerdings auch einige Nachteile gegenüber, die sich auf die Wirtschaftlichkeit eines Haltungssystems auswirken. Die Verwendung von Stroh als Einstreu erfordert zusätzliche Verfahrensketten für die Strohbergung, -einlagerung und Einbringung in den Stall. Bei der Ausbringung sind zwei Verfahrensketten für den Festmist und die Jauche notwendig. Es wird zumindest für eine vorübergehende Lagerung Bergeraum für das Stroh benötigt. Nicht zu vernachlässigen ist die notwendige Strohmenge, die entweder zugekauft oder von eigenen Flächen geborgen werden muß.

Für eine umfangreiche und objektive Bewertung der Festmistverfahren für die Milchviehhaltung wurden durch die KTBL-Arbeitsgemeinschaft „Bau und Technik in der Tierhaltung" verschiedene Haltungssysteme mit Einstreu mit Liegeboxenlaufställen mit Flüssigmistverfahren verglichen. Im Folgenden werden einige Ergebnisse dargestellt, die sich im wesentlichen auf die Gebäude und der baulichen Investitionskosten sowie auf einige betriebswirtschaftliche Betrachtungen beschränken.

Auswahl der Typen und Beschreibung

Die Auswahl der Betriebsgrößen und die Festlegung der Bauformen und Aufstallungsarten erfolgte in Abstimmung mit Fachgebietsgruppe „Landwirtschaftliche Betriebsgebäude" im KTBL-Arbeitsprogramm „Kalkulationsunterlagen". Grundlage waren Empfehlungen der KTBL-Arbeitsgemeinschaften „Bauwesen" und „Technik und

[1] Dr. agr. W. Hartmann, KTBL, Abteilung „Bauwesen, Ländlicher Raum, Tierhaltung", Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt

[2] Dipl.-Ing. Arch. J. Gartung, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Bau in der Tierhaltung" (TBT). Die Auswahl der Stallsysteme erfolgte unter folgenden Gesichtspunkten:

- Im Stallbereich befinden sich Abkalbeboxen, in denen sich Kuh und Kalb wenige Tage vor und nach der Geburt aufhalten.
- Kälber und Jungvieh sind nicht im Milchviehstall untergebracht.
- Größe und Abmessungen der Liege- und Laufflächen richten sich nach Empfehlungen der KTBL-Arbeitgemeinschaft „TBT".
- Die Gebäude sind Neubauten ohne die Mitnutzung vorhandener Gebäude.

Die Bestandgrößen orientieren sich an der möglichen Arbeitsleistung einer Person in einem optimal ausgerüsteten 2 * 6 Fischgrätenmelkstand, die bei etwa 60 Milchkühen pro Stunde liegt. Entsprechend dieses Durchsatzes sind die gewählten Bestandsgrößen 60 und ein Vielfaches einer 60er Tiergruppe (Tab.1).

Für alle Stalltypen und Haltungsverfahren wurde eine möglichst einheitliche Bauweise gewählt. Die Gründung der Gebäude besteht aus Streifenfundamenten und Bodenplatten aus Ortbeton B 25. Beim Dachtragwerk handelt es sich um eine Holz-Konstruktion mit mehreren Stützenreihen. Das Dach ist mit Wellfasserzementplatten eingedeckt. Die Wände sind aus Holzbohlen ausgeführt. An den Längswänden sind zur Belüftung Space-Boards unter den Traufen angebracht, die Abluft entweicht durch einen Lichtkuppelfirst. Im Milchbereich bestehen die Wände aus Mauerwerk. Über dem Melkbereich befindet sich eine wärmegedämmte Decke und Holzbohlen als Gehbelag. Die Laufflächen bestehen bei den Ställen mit Festmistverfahren aus ebenen Betonflächen und bei den Flüssigmistverfahren aus Betonspaltenbodenelementen.

Bei den eingestreuten Ställen gehören Jauchebehälter mit Leitungen und Pumpe sowie die Mistplatte zum Kostenblock MIST. Die Mistplatten sind für eine Lagerung von 6 Monaten bemessen. Jede Mistplatte ist in Verlängerung des zugehörigen Stalles mit einem Abstand von 15 m angelegt. Die Fahrfläche zwischen Stall und Mistlager besteht aus Stahlbeton. Sie wird dem Kostenblock MIST zugerechnet. Der Investitionsbedarf für diese Wegebefestigung beträgt pro Kuhplatz 150 - 300 DM. Für die Ställe mit Flüssigentmistung sind flache Spülkanäle unter den Spaltenbodenflächen angeordnet. Sie bestehen aus Stahlbeton und gehören zum Kostenblock GÜLLE wie die Vorgruben und Güllehochbehälter mit Lagerzeiten von 6 Monaten. Wegbefestigungen bleiben bei Ställen mit Flüssigmist unberücksichtigt.

Die Fütterung mit Grundfutter erfolgt auf einem befahrbaren Futtertisch. Am Freßgitter steht jeder Kuh ein Freßplatz mit 70 bis 85 cm Breite zur Verfügung. Bei größeren

Betrieben erfolgt die Grundfutterzuteilung mit Hilfe eines Futtermischwagens, bei Ställen mit 64 Kuhplätzen mit Hilfe eines Siloblockschneiders oder entsprechenden Geräten. Zur Wasseraufnahme stehen Tränkewannen zur Verfügung. Für die Kraftfutterzuteilung sind bei den Stallgebäuden mit 64 Kuhplätzen zwei Abrufstationen vorhanden. Bei größeren Beständen wird die Herde in Leistungsgruppen eingeteilt. Das Kraftfutter wird im Futtermischwagen in die Futterration eingemischt.

Tab. 1: Auswahl der untersuchten Stalltypen

Stallsystem	Kuh-plätze	Stallgebäude	Melkstand	Entmistung
Tieflaufstall, planbefestigte Laufgänge	64	einreihig, seitlicher Futtertisch, 4 Abkalbeplätze	2x5-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Moante Lagerzeit
	126	zweireihig, 6 Abkalbeplätze	2x6-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Monate Lagerzeit
	188	zweireihig, 8 Abkalbeplätze	2x8-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Monate Lagerzeit
Tretmiststall, planbefestigte Laufgänge	64	einreihig, seitlicher Futtertisch, 4 Abkalbeplätze	2x5-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Monate Lagerzeit
	126	zweireihig, 6 Abkalbeplätze	2x6-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Monate Lagerzeit
	188	zweireihig, 8 Abkalbeplätze	2x8-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Monate Lagerzeit
Liegeboxenlaufstall, planbefestigte Laufgänge mit Einstreu	64	zweireihig, seitlicher Futtertisch, 4 Abkalbeplätze	2x5-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Monate Lagerzeit
	120	zweimal zweireihig, 6 Abkalbeplätze	2x6-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Monate Lagerzeit
	188	zweimal zweireihig, 8 Abkalbeplätze	2x8-FGM	mobile Entmistung, Dungplatte und Jauchegrube, 6 Monate Lagerzeit
Liegeboxenlaufstall mit Spaltenboden (Referenzsystem)	64	zweireihig, seitlicher Futtertisch, 4 Abkalbeplätze	2x5-FGM	flache Spülkanäle, Außenlagerung für 6 Monate
	120	zweimal zweireihig, 6 Abkalbeplätze	2x6-FGM	flache Spülkanäle, Außenlagerung für 6 Monate
	188	zweimal zweireihig, 8 Abkalbeplätze	2x8-FGM	flache Spülkanäle, Außenlagerung für 6 Monate
	246	zweimal zweireihig, 12 Abkalbeplätze	2x10-FGM	flache Spülkanäle, Außenlagerung für 6 Monate
	492	zwei Gebäude, zweimal zweireihig, 24 Abkalbeplätze	2x2x12-FGM	flache Spülkanäle, Außenlagerung für 6 Monate

FGM = Fischgrätenmelkstand

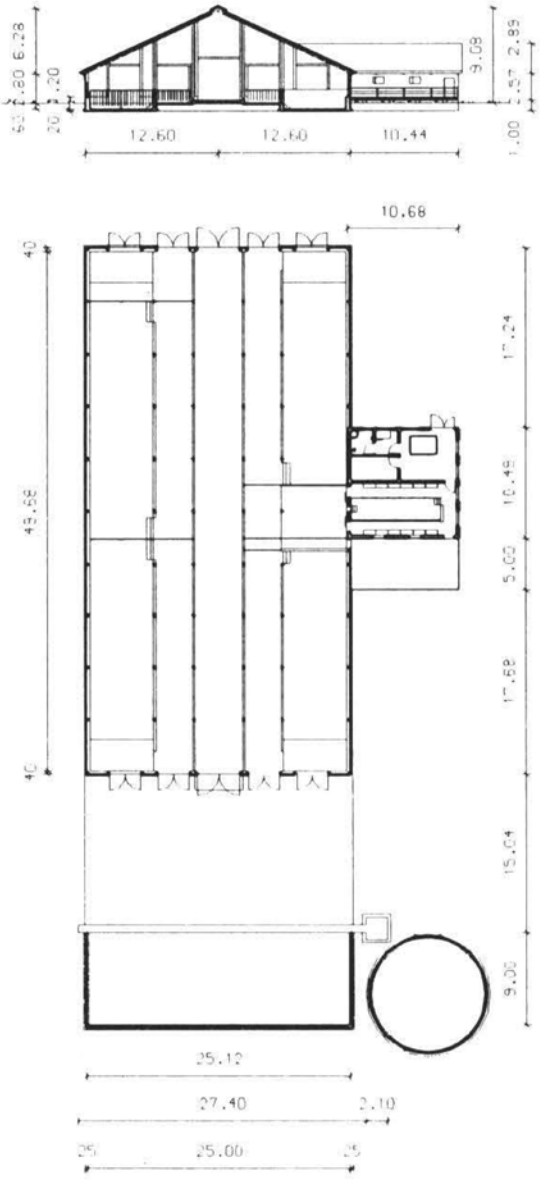


Abb. 1: Zweiraumlaufstall mit Tiefstreu, 120 Kuh- und 6 Abkalbeplätze.

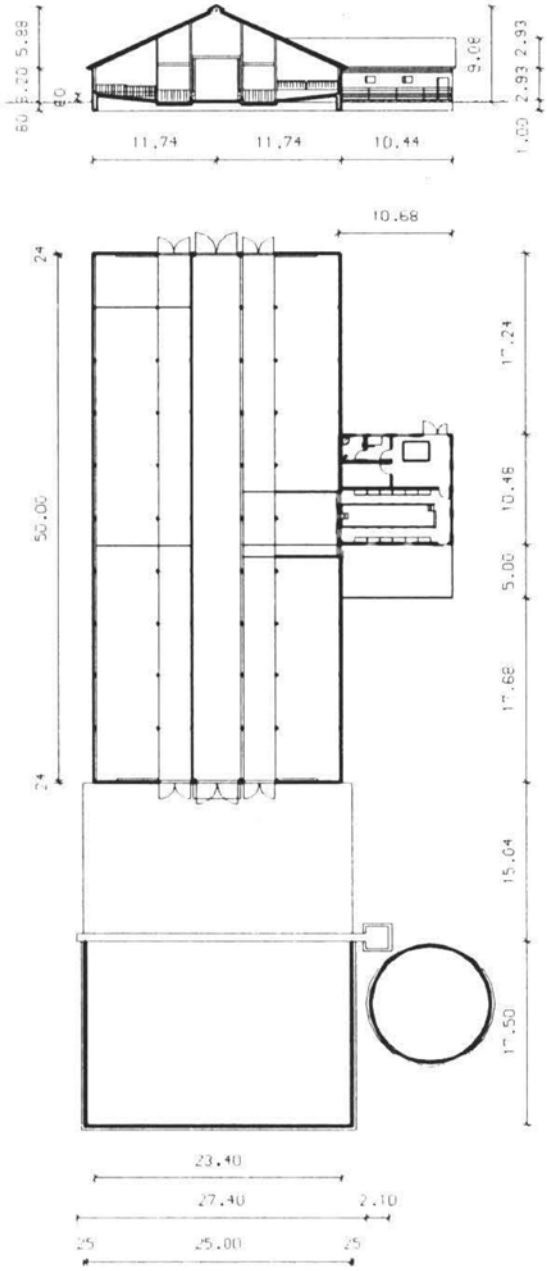


Abb. 2: Tretmiststall, 120 Kuh- und 6 Abkalbeplätze

Die Liegefläche grenzt an den Freßgang und ist durch eine feste Wand oder durch Rohre abgetrennt. Sie liegt 80 bis 100 cm tiefer als der planbefestigte Laufgang. Der Zugang zum Freßbereich erfolgt über Treppenstufen. Die Liegeflächentiefe beträgt 6 m, pro Kuh stehen mindestens 4,5 m^2 zur Verfügung. Die Lauffläche ist 3,3 m breit. Vor dem Melkstand befindet sich ein vom Stallbereich abgetrennter Warteraum. Nach dem Melken werden die Kühe auf einen Nachwartehof außerhalb des Gebäudes getrieben.

Die Liegefläche mit 8 % - 10 % Neigung ist 6 m tief und hat eine Größe von 4,5 m^2 pro Kuh. An höchster Stelle wird Stroh eingestreut, im unteren Bereich wird der anfallende Mist ein- oder mehrmals täglich aus dem Stall entfernt. Die Einstreu wird nicht auf der Liegefläche breit verteilt. Die Mistgangbreite beträgt 3,0 m. Der anfallende Mist wird mit dem Schlepper während den Melkzeiten auf die Dungplatte geschoben. Der Melkbereich ist wie beim Zweiraumlaufstall angeordnet.

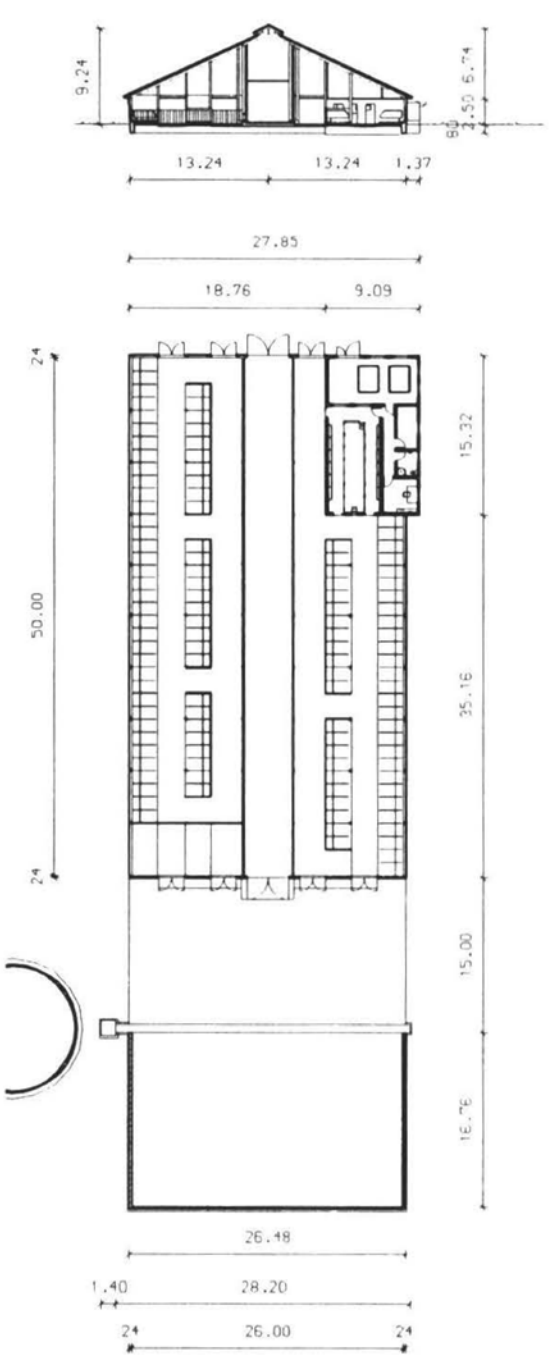


Abb. 3: Liegeboxenlaufstall mit Einstreu, 114 Kuh- und 6 Abkalbeplätze

Die Liegeboxen sind 2,50 m lang und 1,25 m breit. Der Freßgang am Futtertisch ist 3,30 m breit, zwischen den Liegeboxen 2,50 m. Der befahrbare Futtertisch hat ein Breite von 5,00 m. Bis 120 Kuhplätze ist der Melkstand in das Stallgebäude integriert, bei größeren Beständen befindet er sich in einem seitlichen Anbau. Als Warteraum wird der Platz zwischen den zwei Liegeboxenreihen vor dem Melkstand genutzt. Bei seitlich angebautem Melkhaus ist vor dem Melkstand ein Warteraum für eine Leistungsgruppe eingerichtet.

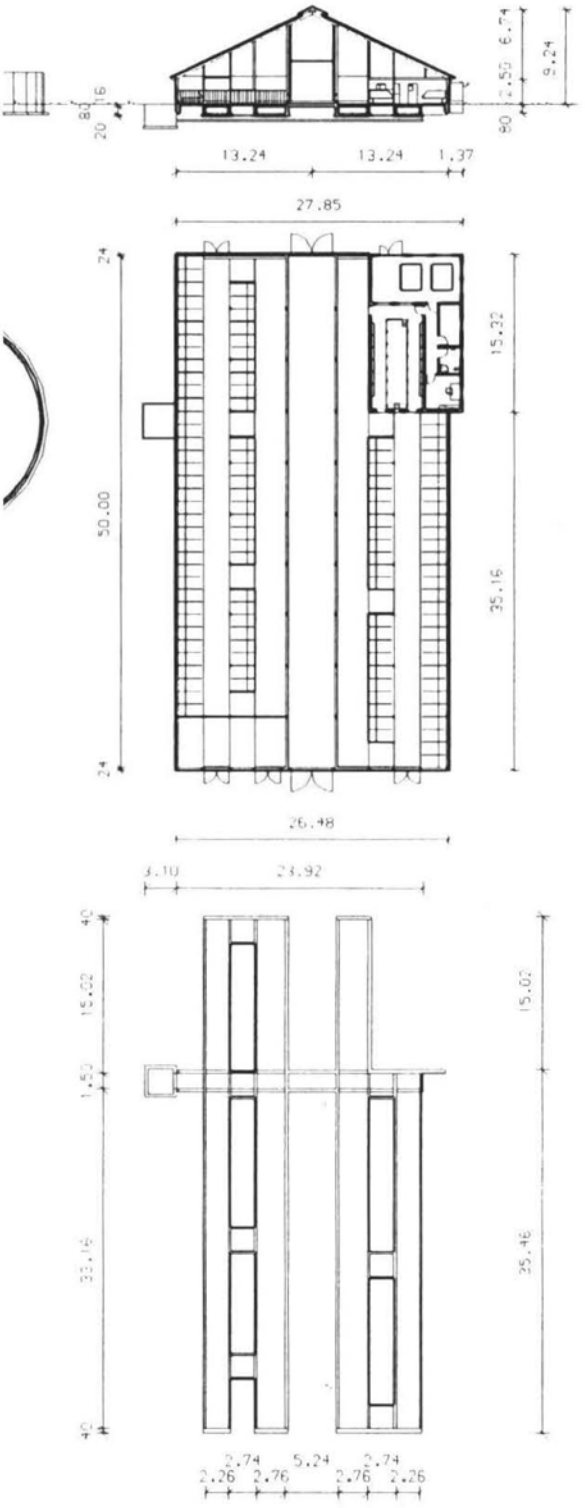


Abb. 4: Liegeboxenlaufstall mit Flüssigmist, 114 Kuh-, 6 Abkalbeplätze

Die Abmessungen der Liegeboxen und ihre Anordnung entsprechen denen in Liegeboxenlaufställen mit Einstreu. Auch der Melkbereich wird in gleicher Art und Größe ausgeführt. Der Flüssigmist wird aus den flachen Spülkanälen (80 cm lichte Höhe) mittels einer Pumpe in einen Außenbehälter gefördert. Der Lagerbehälter ist für eine sechsmonatige Lagerzeit ausgelegt.

Baulicher Investitionsbedarf

Der Investitionsbedarf für die Kostenblöcke STALL, MIST, FUTTER und MILCH ohne Futterlager, Strohlager und Baunebenkosten beträgt für Tieflaufställe zwischen 9 360 (64 Kuhplätze) bis 6 250 DM pro Kuhplatz (188 Kuhplätze; Tab. 2). Die Kostendegression in Abhängigkeit von der Bestandsgröße ist mit 3 100 DM pro Kuhplatz (ca. 30 %) beachtlich. Dabei ist die Differenz (2 200 DM) zwischen dem 64er Stall und dem für 126 Kühe besonders groß. Der Kostenblock FUTTER enthält beim 64er Stall zwei Abrufstationen, die bei den größeren Ställen wegen der Gruppenfütterung nicht notwendig sind. Der Kostenblock STALL erfordert etwa die Hälfte der Investitionen. Der Aufwand für den Kostenblock MIST ist dagegen mit weniger als 20 % sehr gering, da nur etwa die Hälfte des Mistes auf der außen liegenden Dungplatte gelagert wird. Die andere Hälfte verbleibt auf der Liegefläche und wird von dort ausgebracht.

Tab. 2: Investitionsbedarf für die Kostenblöcke STALL, GÜLLE/MIST ohne Strohlager, FUTTER ohne Futterlager und MILCH

Haltungsverfahren	Kuhplätze	Investitionsbedarf in DM pro Kuhplatz ohne Baunebenkosten				
		Kostenblöcke				Gesamtinvestitionen
		Stall	Gülle/Mist	Futter	Milch	
Tieflaufstall	64	4 916	1 693	512	2 238	9 359
	126	3 602	1 393	65	2 104	7 164
	188	3 188	1 030	66	1 966	6 250
Tretmiststall	64	4 567	2 012	512	2 164	9 255
	126	3 062	1 643	65	2 089	6 859
	188	2 735	1 281	66	1 959	6 041
Eingestr. Liegeboxenlaufstall	64	5 238	1 836	516	2 320	9 910
	120	3 607	1 521	68	2 147	7 343
	188	3 319	1 280	63	2 071	6 734
Liegeboxenlaufstall mit Spaltenboden	64	4 698	2 936	516	2 331	10 481
	120	3 276	2 164	68	2 150	7 658
	188	3 033	1 993	63	2 073	7 162
	246	2 918	1 863	64	1 950	6 796
	492	2 891	1 853	65	1 625	6 434

Die Investitionen für Tretmistställe sind bis zu 300 DM je Kuhplatz geringer als die bei vergleichbaren Tieflaufställen. Das liegt u. a. daran, daß bei Tieflaufställen breitere Laufgänge am Freßplatz erforderlich sind sowie eine trennende Wand zwischen Liegefläche und Freßgang Das Gebäudevolumen ist insgesamt ca. 5 m^3 pro Kuhplatz größer als beim Tretmiststall. Der Kostenvorteil beim Tretmiststall liegt ausschließlich im Kostenblock STALL, weil der Kostenblock MIST um 250 - 300 DM aufwendiger ist.

Der Investitionsbedarf für Mistlager und Jauchebehälter bei eingestreuten Liegeboxenlaufställen entspricht etwa dem von Tretmistställen. Geringfügige Unterschiede sind darauf zurückzuführen, daß beim Tretmiststall Abkalbebuchten mit Tiefstreu und teilweiser Innenlagerung des Mistes unterstellt sind, während beim Liegeboxenlaufstall der gesamte Mist außen gelagert wird. Beim Kostenblock STALL werden im Vergleich zum Tretmiststall etwa 600 DM höhere Werte ermittelt. Der Mehraufwand ergibt sich durch die größere Gebäudebreite und durch die Stalleinrichtung.

Der Investitionsbedarf liegt bei Liegeboxenlaufställen mit Spaltenboden 315 - 570 DM höher als bei den eingestreuten Liegeboxenlaufställen. Beim Vergleich der Baukostendaten für den Kostenblock GÜLLE/MIST wird deutlich, daß Flüssigmistverfahren mit Güllekanälen, Vorgrube und Lagerbehälter 650 - 1 100 DM pro Kuhplatz teuerer sind. Der Investitionsbedarf für die kleinste der ausgewählten Stallanlagen mit Spaltenboden (64 Kuhplätzen) wurde mit knapp 10 500 DM pro Kuh ermittelt. Bei der Anlage mit 492 Tierplätzen entfallen nur 6 400 DM auf jede Nutzeinheit.

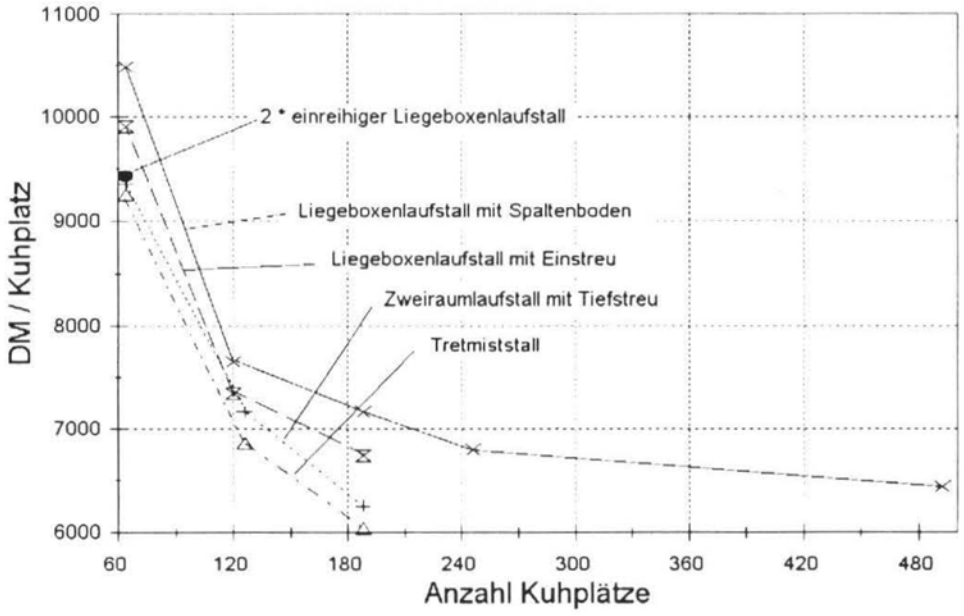


Abb. 5: Investitionsbedarf für alle untersuchten Milchviehlaufställe ohne Futter- und Strohlager

Ohne Berücksichtigung von Strohlagerräumen für die eingestreuten Ställe sowie Futterlager und Baunebenkosten ergibt sich eine Spannweite von 10 500 - 6 050 DM pro Kuhplatz (Abb. 5). Die Kostenverläufe zeigen große Differenzen zwischen den Ställen mit 64 und 120 bzw. 126 Kuhplätzen. Das liegt daran, daß Tieflauf- und Tretmistställe für Bestandsgrößen von etwa 60 Kuhplätzen auch als Offenfrontställe mit Liegeflächen nur auf einer Futtertischseite empfohlen werden. Die einseitige Nutzung des Futtertisches erfordert ca. 3 m^2 bebaute Fläche pro Tier mehr als doppelseitig genutzte und ist deshalb relativ teuer. Diese Ställe können aber leicht erweitert werden. Ein Liegebo-

xenlaufstall für 60 Kühe mit Flüssigentmistung würde als Doppeleinreiher 9 400 DM/Kuhplatz kosten statt 10 500 DM/Kuhplatz wie bei den untersuchten Ställen. Um diese Differenz von ca. 1 000 DM/Kuhplatz würden sich auch die Investitionen bei einer Anordnung der Liegeflächen auf beiden Seiten des Futtertisches verringern.

Ökonomische Bewertung

Die ökonomische Bewertung der verschiedenen Haltungssysteme schließt den Vergleich der Investitionskosten, der Arbeitskosten und der Strohkosten ein. Für alle vier untersuchten Haltungssysteme wird unabhängig von der Bestandsgröße von gleicher Rasse und von gleicher Tierleistung ausgegangen (FUCHS, ZEDDIES und DOLUSCHITZ, 1995)[1]. Die Bewertung der Haltungssysteme erfolgt anhand der Kriterien Erzeugungskosten bzw. kalkulatorischer Gewinn der Milchproduktion.

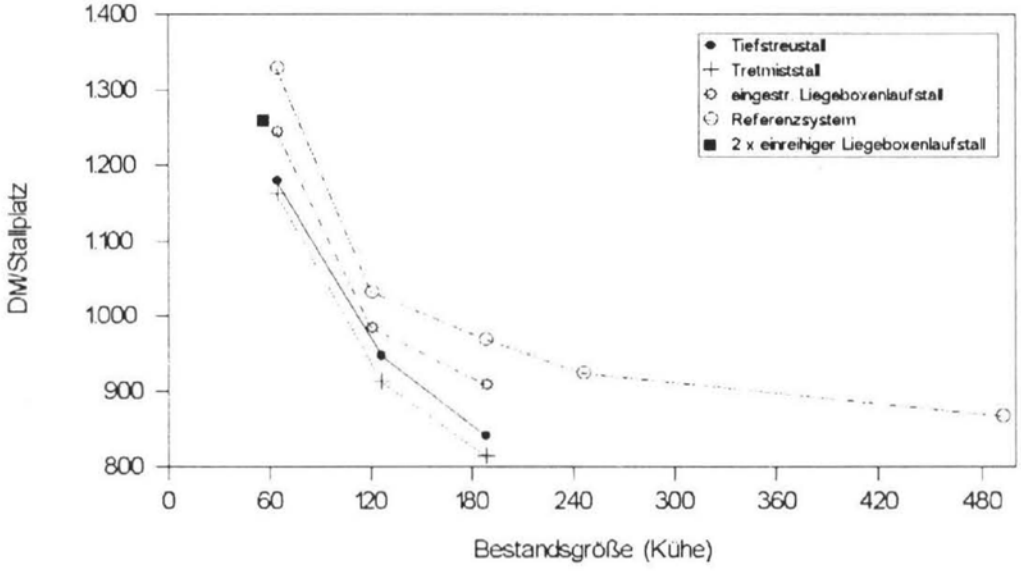


Abb. 6: Jährliche Gebäudekosten in Abhängigkeit von der Bestandsgröße

Bei der Betrachtung der jährlichen Gebäudekosten wird der degressive Kostenverlauf in Abhängigkeit von der Bestandsgröße deutlich (Abb. 6). Während beim Übergang von 56/64 Kühe auf 120/126 Kühe die größten Einsparungseffekte auftreten, ist bei weiter steigender Bestandsgröße nur noch eine geringe Kostendegression festzustellen. Ohne Eigenleistungen betragen die baulichen Jahreskosten bei den kleineren Bestandsgrößen der eingestreuten Milchviehställe zwischen 1 162 - 1 328 DM und bei den größeren Beständen mit 188 Tieren zwischen 814 - 968 DM pro Platz und Jahr. Am günstigsten schneidet der Tretmiststall ab. Es folgen der Tieflaufstall und der eingestreute Liegeboxenlaufstall. Das Referenzsystem weist gegenüber dem Tretmiststall um 100 - 150 DM höhere jährliche Kosten auf.

[1] FUCHS, C; J. ZEDDIES und R. DOLUSCHITZ (1995) in KTBL-Schrift 365: Eingestreute Milchviehställe; Darmstadt, KTBL

Die Nutzungskosten für Arbeit in Familienbetrieben bzw. die Lohnkosten in Lohnarbeitsbetrieben bewegen sich oftmals auf sehr viel höherem Niveau, als in der Ausgangskalkulation angenommen. Um die Auswirkungen veränderter Lohnkosten auf die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Haltungssysteme aufzeigen zu können, wird der Lohnansatz von 10 auf 25 DM/AKh erhöht (Abb. 7). Die Rangfolge der Haltungssysteme ändert sich dadurch kaum. Lediglich das Referenzsystem kann sich bei steigenden Lohnkosten gegenüber den eingestreuten Milchviehställen leicht verbessern, während der Tieflaufstall mit dem höchsten Arbeitszeitbedarf sich weiter verschlechtert.

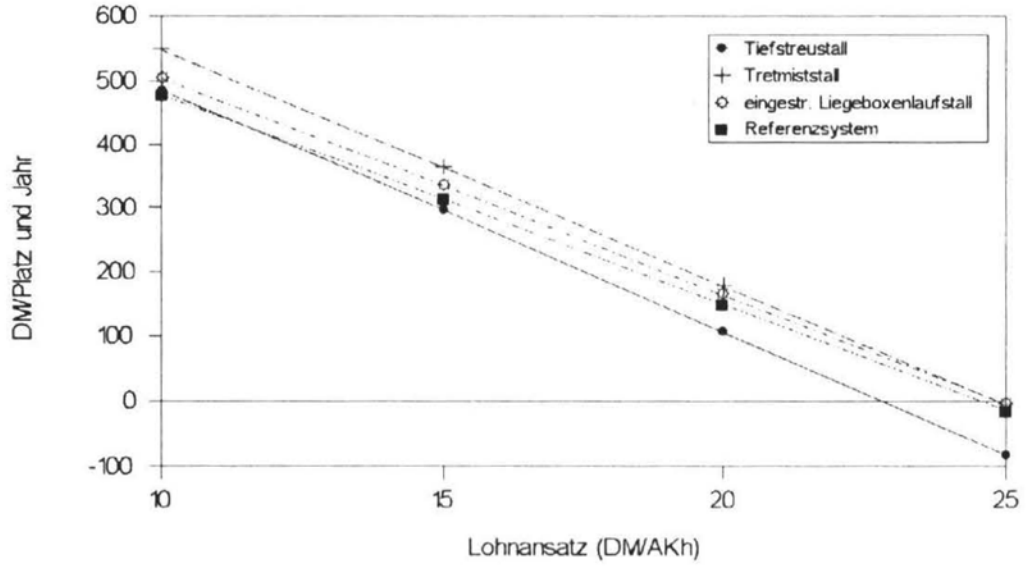


Abb. 7: Kalkulatorischer Gewinn der Milcherzeugung in Abhängigkeit vom Lohnansatz
Strohpreis 2,5 DM/dt, Bestandsgröße 188 Kühe, Eigenleistungsanteil 0 %

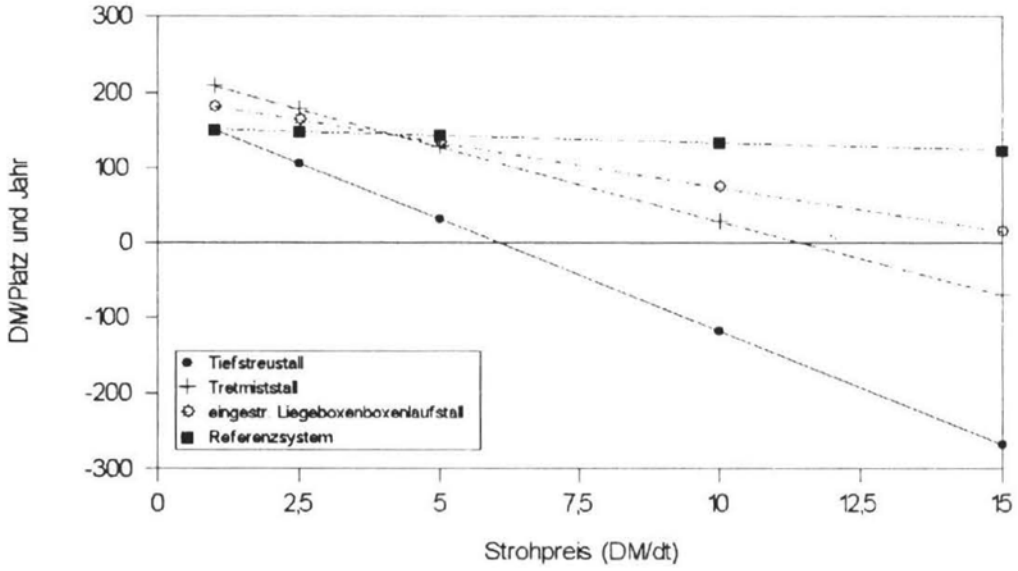


Abb. 8: Kalkulatorischer Gewinn der Milcherzeugung in Abhängigkeit vom Strohpreis
Arbeitskosten 20 DM/AKh, Bestandsgröße 188 Kühe, Eigenleistungsanteil 0 %

Um die Auswirkungen veränderter Strohverfügbarkeit darzustellen, wird der Strohpreis zwischen 1 und 15 DM/dt variiert. Damit lassen sich auch höhere Kosten durch länge-

re Strohlagerung und damit verbundene Gebäudekosten simulieren. Mit steigendem Strohpreis steigen die Produktionskosten für Milch vor allem bei Haltungssystemen, in denen systembedingt relativ viel Stroh eingesetzt wird. Der Tieflaufstall verliert stark an Wettbewerbsfähigkeit, weil sich aufgrund der höchsten aufzuwendenden Strohmenge bei hohem Strohpreis die Gewinne halbieren. Aber auch der Tretmiststall und der eingestreute Liegeboxenlaufstall können bei höheren Strohpreisen keinesfalls mehr mit dem Referenzsystem konkurrieren (Abb. 8).

Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Vergleichs verschiedener Haltungssystem für die Milchviehhaltung lassen sich mit den folgendenen Schlußfolgerungen zusammenfassen:

- Beim Investitionsbedarf ergibt sich folgende Reihenfolge (188 Kuhplätze):

  1. Tretmiststall — 7 263 DM/Kuhplatz
  2. Tieflaufstall — 7 555 DM/Kuhplatz
  3. Liegeboxenlaufstall mit Einstreu — 7 899 DM/Kuhplatz
  3. Liegeboxenlaufstall mit Flüssigmist — 8 240 DM/Kuhplatz

- Die Kostendegression schwächt sich mit größer werdenden Bestandsgrößen ab.

- Der Arbeitszeitbedarf steigt mit zunehmenden Stroheinsatz an (120 Kuhplätze):

  1. Liegeboxenlaufstall mit Flüssigmist — 34,6 AKh/Kuh und Jahr
  2. Liegeboxenlaufstall mit Einstreu — 35,3 AKh/Kuh und Jahr
  3. Tretmiststall — 38,0 AKh/Kuh und Jahr
  4. Tieflaufstall — 38,5 AKh/Kuh und Jahr

- Durch unterschiedlichen Lohnansatz ergeben sich relativ geringfügige Änderungen in der Reihenfolge der Verfahren, die relative Vorzüglichkeit der stroharmen Systeme ergibt sich erst bei Lohnkosten über 25.- DM/AKh. Bei 188 Kuhplätzen und 15.- DM/AKh ergibt sich folgende Reihenfolge:

  1. Tretmiststall
  2. eingestreuter Liegeboxenlaufstall
  3. Liegeboxenlaufstall mit Flüssigmist
  4. Tieflaufstall

- Bei höheren Strohpreisen oder verlängerten Lagerzeiten für Stroh ergeben sich starke Veränderungen zu Ungunsten von Strohhaltungssystemen.

Stallgebäude für die Milchviehhaltung
- kostenreduziert und funktionell -

Leonhard Rittel[1]

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude waren schon immer Zweckgebäude. Sie wurden gebaut nach arbeitstechnischen Gesichtspunkten und aus dem Verständnis des jeweiligen Zeitgeistes heraus. Sie waren deshalb immer einer zeitbeeinflußten Modulation unterworfen. Ändern sich die Bewirtschaftungsgrundlagen, ändern sich die Gebäude und die Gebäudeformen. Wächst der Tierbestand, dann wird auch das Gebäude größer.

Bis Ende des letzten Krieges lief die Entwicklung in sehr ruhigen Bahnen, und so gab es auch keinen Grund, die in langer Tradition entwickelten Hofanlagen und Bauformen zu ändern. Die einsetzende Technisierung verlangte sehr schnell nach technikgerechten Gebäuden, und es wurde zunehmend in „Achsen" gedacht. So mußte z. B. der Futtertisch gerade und durchfahrbar sein. Neue Haltungssysteme und größere Bestände sprengten die üblichen Gebäudebreiten von ca. 12 m. Damit wurde auch die deckenlastige Lagerung hinfällig, zumal die Futterkonservierung zunehmend im Silo erfolgte, zunächst im Hochsilo, jetzt fast ausschließlich im Flachsilo. Die traditionellen Bauformen sind somit nicht mehr zweckmäßig und werden im allgemeinen auch nicht mehr gebaut. Der Industriebau hat diese Entwicklung schon länger hinter sich.

Die Situation auf dem Milchmarkt zwingt nicht nur die Landwirte im Westen der Republik, von überteuerten Stallbauten Abschied zu nehmen. Mehr als 8000,00 DM für den Kuhplatz mit Technik, Gülle und Silo sind nicht mehr wirtschaftlich. Im Osten liegt diese Grenze bei ca. 6000,00 DM. Nutzung der Altbausubstanz und Teilneubau für 3500,00 DM pro Kuhplatz sind besser.

[1] Dipl.-Ing. agr. und Architekt Dr. L. Rittel, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

Besonders im Westen wird es vielen bauwilligen Landwirten sehr schwer fallen, die konventionellen Bauformen beiseite zu schieben. Größere Bestände in Wechselwirkung mit neuen Techniken verlangen nach neuen Grundrißkonzepten. Der klassische Dreireiher mit Futtertisch und Jungviehseite als Warmstall ist ausgereizt und zu teuer.

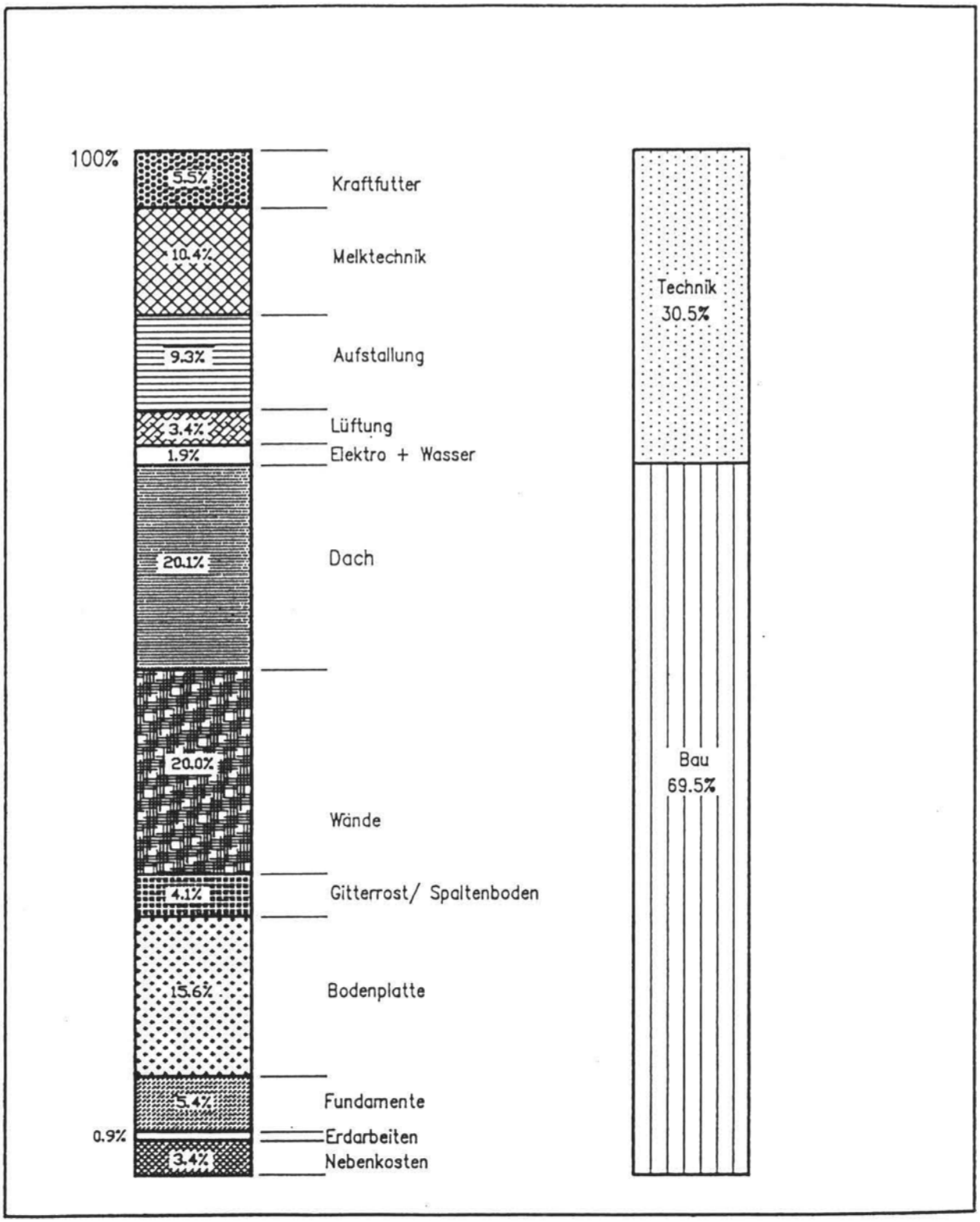


Abb. 1: Prozentuale Aufteilung des Investitionsaufwandes für einen 3-reihigen Liegeboxenlaufstall (45 Kühe)

Eine objektbezogene, analytische Betrachtung der Bauwerkspositionen mit technischer Einrichtung eines Stallgebäudes zeigt Abbildung 1. Von der Gesamtinvestition entfallen 30,5 % auf die Technik und 69,5 % auf das Gebäude. Im Baubereich schlagen besonders die Positionen für die Betonarbeiten, sowie den Wand und Dachbereich zu Buche. Es ist verständlich, daß das Auge zuerst auf diese Sektoren fällt, wenn unbedingte Einsparungen angesagt sind.

Um mit Einsparungen am Bauwerk durchschlagenden Erfolg zu erzielen, muß tiefer angesetzt werden. Es reicht nicht, die Wärmedämmung wegzulassen und zu sagen: Jetzt ist es ein Kaltstall und der ist wesentlich preiswerter. Hier muß systemgerecht und konsequent gedacht werden, um das Einsparungspotential auch quantifizieren zu können.

Mit Abbildung 2 ist deutlich nachzuvollziehen, daß der Einsparungseffekt bei den Baukosten in der konsequenten Anwendung des Kaltstallprinzipes liegt.

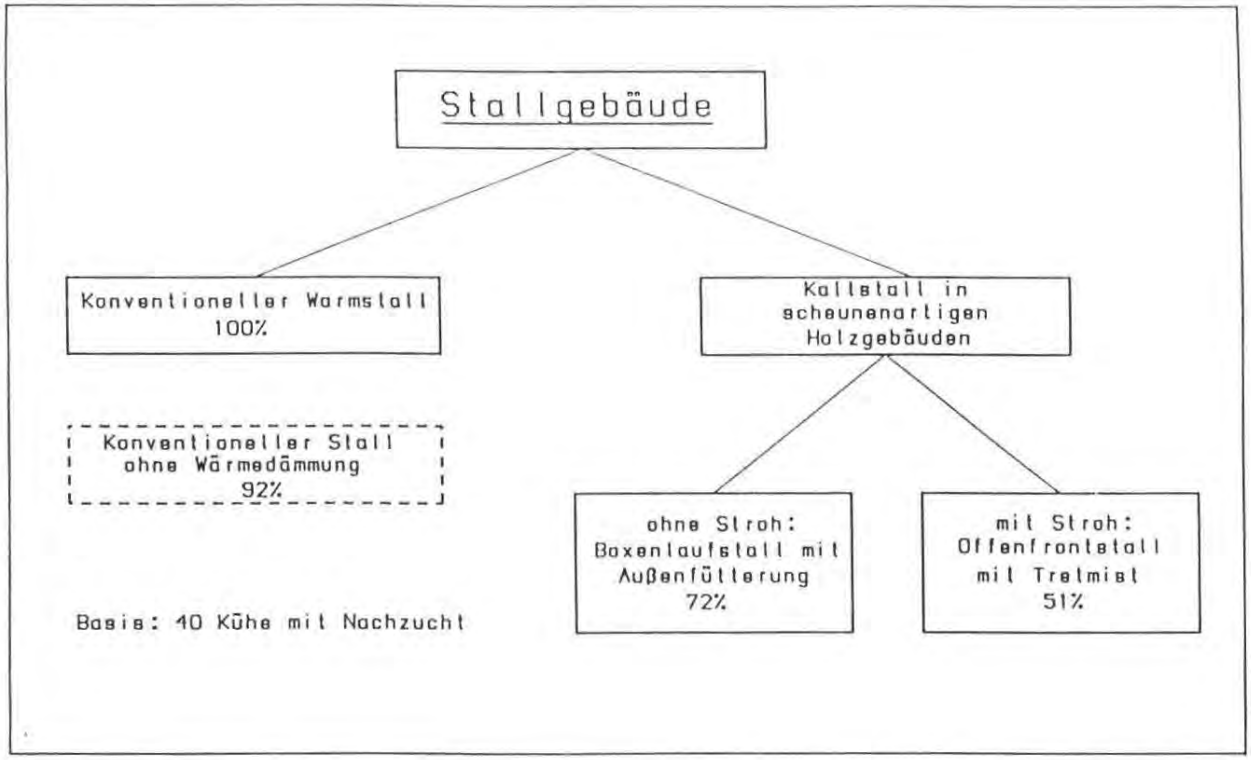


Abb. 2: Einsparungspotential bei unterschiedlichen Stallgebäudeausführungsformen

Mitentscheidend ist auch das gewählte Aufstallungssystem. Liegeboxen mit spaltenbelegten Laufflächen beeinträchtigen die Baukosten, reduzieren aber den täglichen Arbeitsaufwand. Der eingestreute Tretmistoffenfrontstall läßt zwar den Bauaufwand sinken, der tägliche Arbeitsaufwand für das Einstreuen und Ausmisten darf jedoch nicht unterschätzt werden, abgesehen von der Bereitstellung des Strohes.

Ein Vergleich der Jahreskosten verschiedener Fest- und Flüssigmistverfahren zeigt die Vorzüglichkeit der Systeme, die die Kosten für Bau, Technik und Arbeitserledigung beinhalten. Wie aus Darstellung 3 zu erkennen ist, hat von den vier verglichenen Verfahren, der Liegeboxenlaufstall mit planbefestigtem Boden und Heckschieberentmistung die geringsten Jahreskosten. Es folgt der Tretmiststall ebenfalls mit Heckschieberentmistung auf Platz zwei. Was beim Tretmiststall an Baukosten gespart wird, kann allein der Umgang mit Stroh - ohne dessen Materialwert - langfristig wieder wettmachen. Wenn die Arbeits-

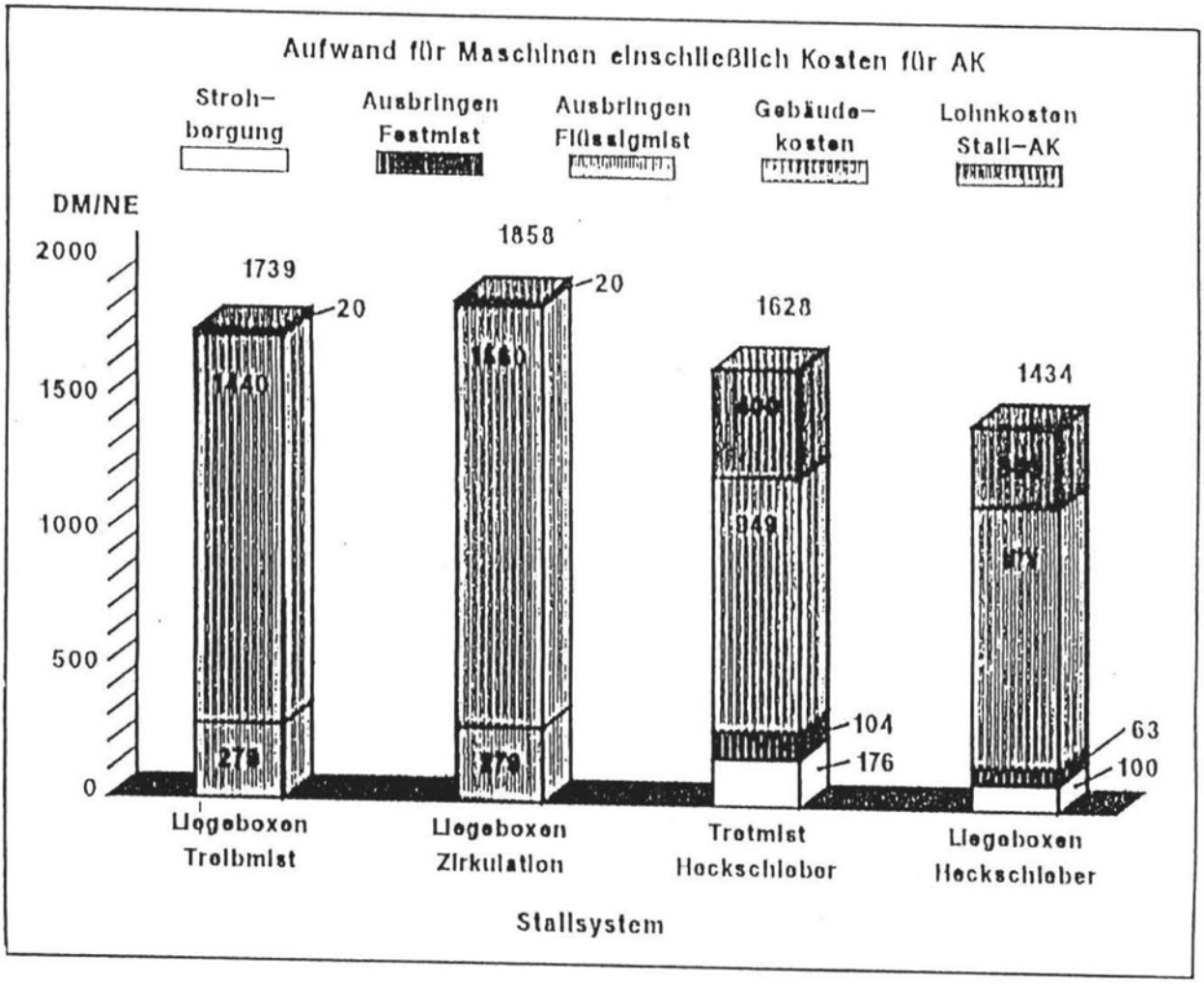


Abb. 3: Kostenvergleich der Verfahren für Fest- und Flüssigmist (Quelle: SEUFERT)

kraft nicht der knappe Faktor ist, mag es durchaus sinnvoll sein, Kapital durch Arbeit zu ersetzen. Dies bleibt aber immer einer betriebsindividuellen Entscheidung vorbehalten.

Da Mensch und Tier unterschiedliche klimatische Ansprüche haben, ist es sehr sinnvoll, den Arbeitsplatz des Menschen, z.B. den Melkstand, vom Aufenthaltsbereich der Tiere räumlich und klimatisch zu trennen. Es reicht völlig aus, den Melkstandraum und die technischen Nebenräume frostfrei und klimatisiert zu halten, während sich die Tiere im Kaltbereich aufhalten können.

Neben der kostenorientierten Systemwahl kommt natürlich auch der Bauausführung eine mitentscheidende Bedeutung zu. Es bringt nicht allzuviel, eine preiswerte Haltungsart mit einem teuren Gebäude zu kombinieren. Der Einsparungseffekt wird erst wirksam, wenn Interieur und Exterieur optimal zusammenpassen.

Eine 36,5 cm dicke Leichtziegelwand, beidseitig verputzt, ist nun mal teurer als eine Holzwand aus Wandriegel und überlukter Schalung, Abbildung 4.

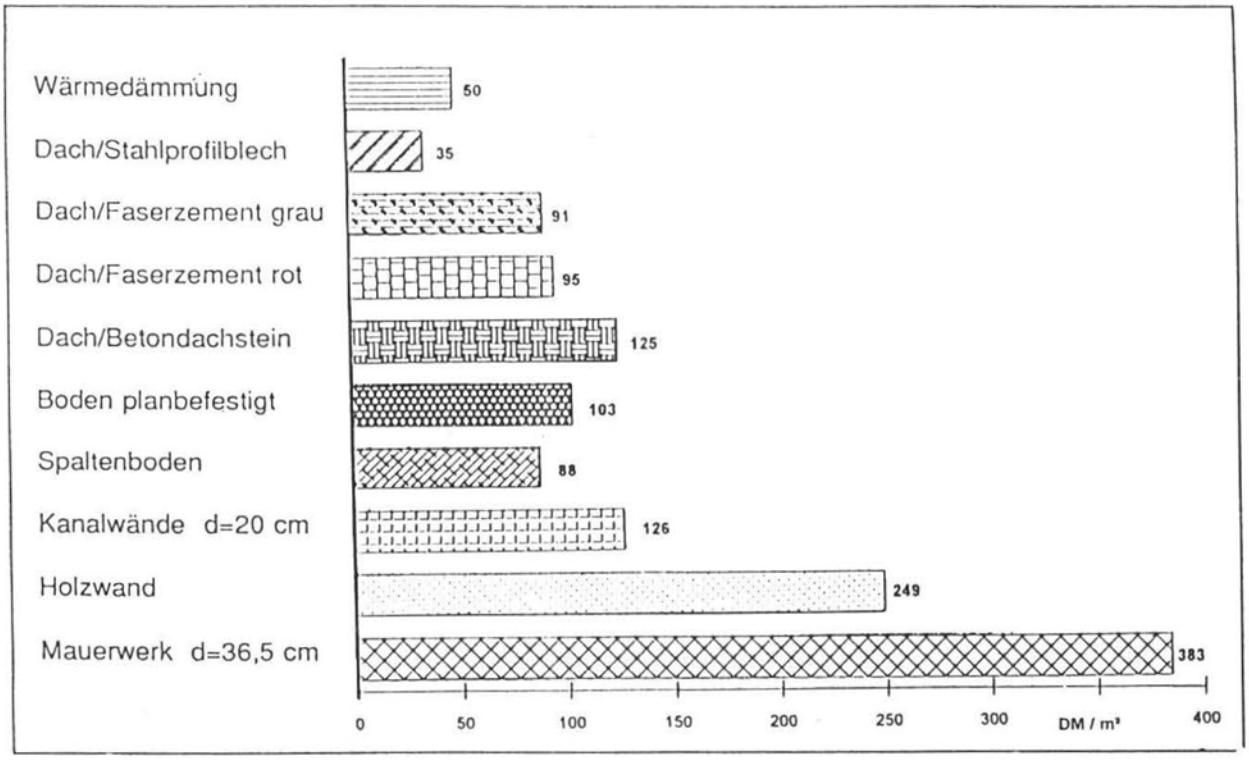
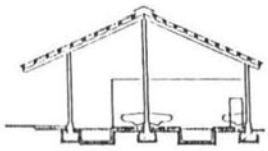
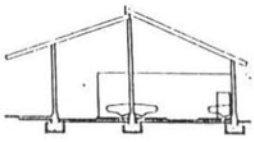


Abb. 4: Kosten je m^2 für verschiedene Bauelemente

Dies ist keine neue Erkenntnis, aber es gilt, diese zu nutzen. Die praktische Erfahrung zeigt, daß sich auch Milchkühe selbst bei extremem Klima im Kaltstall mit gutem Erfolg halten lassen. Die Technik hierzu muß jedoch passen, damit es zu keinen unüberbrückbaren Betriebsstörungen kommt. Das Tier fühlt sich im Kaltbereich recht wohl, der Mensch als Arbeitskraft hat hier jedoch Probleme. Dies ist Veranlassung genug, den Arbeitsbereich - Melkstand und technische Nebenräume - mit gut erträglichem Arbeitsklima zu versehen. Der Arbeitsplatz muß "menschengerecht" sein, hier sollen und dürfen wir nicht sparen.

Wie bereits angedeutet sind diese Anforderungen jedoch für den Tierbereich nicht relevant. Das wetterabhaltende Dach und die Wand als Windschutz sind im Prinzip ausreichend, auch wenn eine Gebäudeseite offen ist. Dies ist generell die Futtertischseite, die möglichst nach Ost bzw. Südost liegen soll. Aus Abbildung 5 ist zu entnehmen, daß die unterschiedliche Kombination verschiedener Wand und Dachausführungen auch zu unterschiedlichen Baukosten führt.





	a L = 53.10 m B = 22.90 m 1216 m²	b L = 65.21 m B = 13.40 m 874 m² mit Futtertisch 1071 m²	c L = 65.21 m B = 13.40 m 874 m² mit Futtertisch 1071 m²
Aussenwand (Mauer)	187.712,- DM	———	———
Aussenwand (Holz)	———	70.780,- DM	70.780,- DM
Kanalwände u. Spaltenboden	71.645,- DM	68.176,- DM	———
Betonboden	119.359,- DM	105.591,- DM	105.591,- DM
Betondachstein	159.300,- DM	147.496,- DM	———
Stahlprofilblech	———	———	41.641,- DM
Wärmedämmung	64.310,- DM	———	———
Gesamtsumme	602.326,- DM	392.043,- DM	218.012,- DM

Basis 60 Kühe und Nachzucht

Abb. 5: Baukostenvergleich

a geschlossener, wärmegedämmter Laufstall, Massivbau

b/c Offenstall in einfacher Holzkonstruktion ohne Wärmedämmung

Der Vergleich des klassisch gebauten Warmstalles in Massivbau mit einem Offenfrontstall in einfacher Holzkonstruktion spricht eine deutliche Sprache. Er zeigt auf, welche Einsparungseffekte ohne nennenswerte Funktionseinbußen zu erreichen sind. Wo das Kapital fehlt, gibt es keine andere Möglichkeit, als diesen Weg zu gehen.

Die Abklärung baulich-technischer Aspekte allein ist nicht ausreichend, um ein kostengünstiges Ergebnis zu erreichen. Eine große Bedeutung kommt auch dem Organisationstalent des bauwilligen Landwirts zu. Eine gute Organisation beginnt bereits mit dem rechtzeitigen Sammeln, Ordnen und Aufbereiten der Information. Die betriebsspezifische Umsetzung in Zusammenarbeit mit einem guten Berater und Planfertiger braucht nicht eigens erwähnt zu werden. Läuft bereits in dieser Phase einiges schief, ist der Erfolg meistens schon verspielt, denn ohne entsprechenden Kenntnisstand werden nicht immer die besten Entscheidungen getroffen. Und niemand nimmt dem Bauherrn letztlich die Entscheidung ab und dies gilt bis zur Baufertigstellung.

Neue, preisgünstigere Baukonzepte erfordern in Wechselwirkung mit der Technik auch andere Grundrißformen. Wird aus Kostengründen die Altbausubstanz mitverwertet, bietet es sich je nach Grundstückssituation an, als Ergänzungsbau eine einfache Freßhalle in Holzkonstruktion zu errichten, in der das Jungvieh, der Futtertisch und der Freßplatz für das Milchvieh untergebracht werden. Der Liegeboxen- und Melkstandbereich findet im Altgebäude Platz. Dies gilt genauso gut für den Umbau wie auch für den Neubau.

Für den Neubaufall bietet der Offenfrontstall mit Liegeboxen eine interessante Variante. Die Laufflächen können hier sowohl mit Spaltenboden als auch planbefestigt ausgeführt werden. Das Jungvieh läßt sich auch auf Tiefstreu halten.

Größere Milchviehbestände mit einem notwendigen Freßplatzverhältnis 1:1 lassen sich in einer vierreihigen Liegeboxenhalle mit beidseitigem, außenliegenden Freßplatz recht zweckmäßig unterbringen. Diese flexible Grundrißlösung erlaubt auch die zeitweilige Reduzierung auf nur eine Freßseite, wenn z.B. im Winter bei Silagefütterung das Freßplatzverhältnis

eingeschränkt werden kann. Auch Gruppenfütterung ist hier problemlos möglich. In das maschinenhallenähnliche, nicht gedämmte Holzgebäude sind auf einer Giebelseite in einem schachtelartigen Massivbau mit Zwischendecke der Melkstand und die Nebenräume untergebracht.

Diese baulich "abgespeckten" Lösungen bringen für eine gesunde Tierhaltung nach Erfahrungen aus der Praxis keinerlei Funktionseinbußen, reduzieren jedoch den Bauaufwand und die Kosten erheblich. Steht auch während der Bauvorbereitung und -ausführung von seiten des Bauherrn eine gute Organisation dahinter, sind mit diesen Bauformen Kuhplatzkosten von ca. 6.000,-- DM realisierbar.

Es ist durchaus vorstellbar, daß sich bauwillige Landwirte zur gemeinsamen Konzeptfindung zu Baugemeinschaften zusammenschließen, deren wechselnde Mitglieder sich nicht nur während der Planungsphase, sondern auch beim Einkauf von Materialien und der Verwirklichung der Objekte gegenseitig unterstützen. Ungewöhnliche Zeiten brauchen ungewöhnliche Aktivitäten.

Stand und Möglichkeiten der Rekonstruktion von Milchviehställen mit Anwendung von neuen technischen Systemen in der Tschechischen Republik

Jiři Vegricht und František Pechač[1]

Für die tschechische Landwirtschaft ergaben sich nach dem Jahre 1989 ganz neue ökonomische Bedingungen, was sich sehr stark auf alle ihre Gebiete auswirkte.
Die Privatisierungs- und Restitutionsprozesse gemeinsam mit der Senkung der Subventionen und der Unterstützung der Landwirtschaft durch den Staat machten sich bemerkbar im Rückgang der Produktion, Senkung der Leistungsfähigkeit und auch in der Herabsetzung des Tierbestandes, besonders der Milchkühe. Dazu hat auch die insgesamt niedrigere Nachfrage nach Milch und Milchprodukten in Verbindung mit deren höhere Preisen beigetragen. Die Grundangaben über diese Entwicklung sind in der Tabelle 1 angeführt. Aus der Tabelle geht aber auch hervor, daß diese ungünstige Entwicklung schon zu Ende ist. Auch im Jahre 1994 wurden einige positive Änderungen registriert und man kann erwarten, daß diese Entwicklung sich fortsetzen wird. Es handelt sich besonders um die Erhöhung der durchschnittlichen Milchleistung über das Niveau des Jahres 1989 und den Wiederanstieg im Milchverbrauch pro Kopf. Neben diesen Fakten gehen in der tschechischen Landwirtschaft bedeutende strukturelle Änderungen vor sich. Die Privatisierung hat zur Änderung des Managements der Mehrheit der Agrarbetriebe beigetragen. Es ist sehr wichtig, daß die hohe Produktionskonzentration, die eine der wichtigsten Voraussetzungen für niedrige Produktionskosten und die Konkurrenzfähigkeit der tschechischen Landwirtschaft im vereinigten Europa ist, beibehalten wurde. Es kommt zu einer zweckmäßigen Spezialisierung in der Pflanzen- und Tierproduktion.
Es gibt mehrere Agrarbetriebe, die die Milchkuhhaltung markant einschränken und dagegen stehen mehrere andere, die ihre Herden erweitern und qualitativ hochwertiges genetisches Material im Ausland einkaufen. Es gilt die Regel - „Produziere das, was Du besser als die anderen machen kannst, nur auf solche Weise hast Du Chancen zu überleben und zu prosperieren"!

[1] Dr.-Ing. J. Vegricht, Dipl.-Ing. F. Pechač, Forschungsinstitut für Landtechnik, K šancím 50, CR-16307 Prag, Tschechische Republik

Die veränderten ökonomischen Bedingungen haben einen hohen Druck auf die Senkung der Produktionskosten hervorgerufen. In den letzten Jahren sind die von der Landwirtschaft zu zahlenden Preise für Materialeingänge sehr stark angewachsen, während die Absatz(Verkaufs)-preise der landwirtschaftlichen Produkte nur unwesentlich angestiegen sind (Tabelle 2). Neben diesen Kosten für Grundmaterialien steigt zunehmend der Arbeitskraftpreis und dessen Anteil an den Produktionskosten. Der steigende Arbeitskraftpreis erfordert die Einführung von Technologiesystemen mit minimalem Arbeitskraftaufwand unter Beibehaltung einer hohen Produktionsqualität.

In der Milchkuhhaltung bedeutet das vor allem den Übergang von der Anbindehaltung zur Einstallung in Laufstallsystemen. Diese Änderungen sind jedoch nicht einfach, weil sie mit der Änderung der Futterbasis, des Herdenmanagements und der Tierbetreuung verbunden sind. Für solche Veränderungen existieren aber in der tschechischen Landwirtschaft relativ gute Bedingungen. In der Vergangenheit wurden viele Ställe und Farmen für die Milchkuhhaltung einschl. der notwendigen Infrastruktur (Kommunikation, Lager, Wasser- und Energieversorgung usw.) ausgebaut.

Die ersten Großkapazitätsställe wurden vor mehr als 30 Jahren errichtet. Es handelte sich um Anbindeställe für 96 Milchkühe, die in zwei Reihen eingestallt waren. Diese Ställe waren klassische Mauerbauten, oft mit dem Bodenlagerraum, mit Fütterung entweder mit Futterbahn (meistens) oder mit Futterwagen und Entmistung mittels umlaufender Kettenförderer. Sie waren immer eingestreut, mit Melken am Stand in Kannen oder Rohrleitungen. In solchen Ställen haben meistens 6 Personen gearbeitet, und die Ställe befinden sich auch heute in einem guten technischen Zustand. Es wurden mehr als 6300 dieser Ställe in mehreren Varianten gebaut, und ihre Hauptmaße sind aus Abb. 1 ersichtlich.

Nach dem Jahre 1960 wurden für die Milchkühe überwiegend vierreihige, eingestreute, durchfahrbare Anbindeställe für 174 Milchkühe aufgebaut (Abb. 2). Das Melken war wieder am Stand durch Melken in Kannen oder Rohrleitungen gesichert. Von diesen Ställen hat man mehr als 1800 errichtet, wieder in mehreren Varianten, und deren Mehrheit befindet sich in einem für die Rekonstruktion geeigneten guten technischen Zustand.

Eine ganze Reihe von Ställen für Milchkühe wurde nach dem Jahre 1970 gebaut. Deren Struktur ist schon beträchtlich vielfältiger, vor allem hinsichtlich der bautechnischen Lösung und ihrer Größe.

Tabelle 1: Entwicklung der Viehbestände, der Milchproduktion, der Milchleistung und des Verbrauchs seit dem Jahr 1989

Kennziffer	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Kuhzahl in 1000 St. zum 1. Januar	1247	1236	1195	1036	932	829,7
Milchproduktion in Mio. l	4900	4700	4100	3724	3443	3150
Milchleistung in l/Kuh/Jahr	3982	3949	3712	3790	3832,5	4000
∅Verbrauch pro Kopf	259,6	256,2	242,7	214,4	188,6	196,0

Quelle: Ministerium für Landwirtschaft und Forschungsinstitut für landwirtschaftliche Ökonomic

Tabelle 2: Preisentwicklung von Land- und Industrieprodukten nach dem Jahre 1989

1.1.1989 = 100	1990	1991	1992	1993	1/1994	5/1994
Landprodukte insgesamt	104,1	103,3	111,3	120,6	116,6	115,1
Industrie insgesamt	102,5	174,2	192,1	217,1	224,3	227,2
Industriedüngemittel	101,3	175,4	196,6	200,9	193,4	207,2
Industriefutter	100,7	117,6	125,8	150,7	161,2	163,6
Treibstoffe, Schmiermittel	116,9	289,8	252,1	407,8	403,8	401,1
Elektroenergie	113,2	239,4	286,3	294,8	311,4	313,6
Rad- u.Raupenschlepper	100,8	159,8	189,3	229,4	244,8	246,8
Bestandteile der Maschinen und Anlagen für Landwirtschaft	100,5	202,9	216,3	249,4	247,5	246,8
Baustoffindustrie	98,8	164,8	176,8	209,0	224,9	230,8

Quelle: Forschungsinstitut für landwirtschaftliche Ökonomic nach TSA

Wir können abschätzen, daß in der Vergangenheit Ställe für die Milchkuhhaltung mit einer Gesamtkapazität von mehr als 1,2 Mio. Plätzen errichtet wurden. Aus dieser Sicht kann man konstatieren, daß der Bau von ganz neuen Ställen und Farmen in der TR zur Zeit als Ausnahme betrachtet wird, während die Rekonstruktion und Modernisierung der existierenden Ställe als Laufställe mit Melken im Melkstand überwiegen

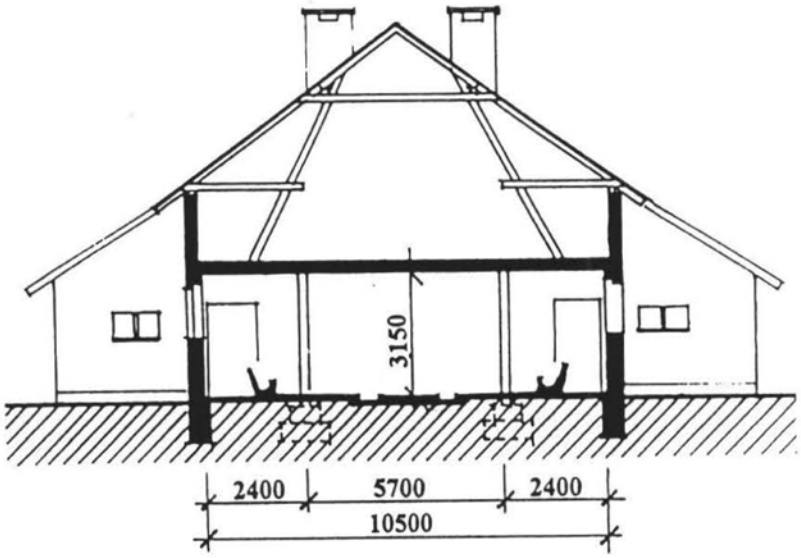


Abb. 1: Hauptmaße des zweireihigen Anbindestalles für 96 Milchkühe - Typ K 96

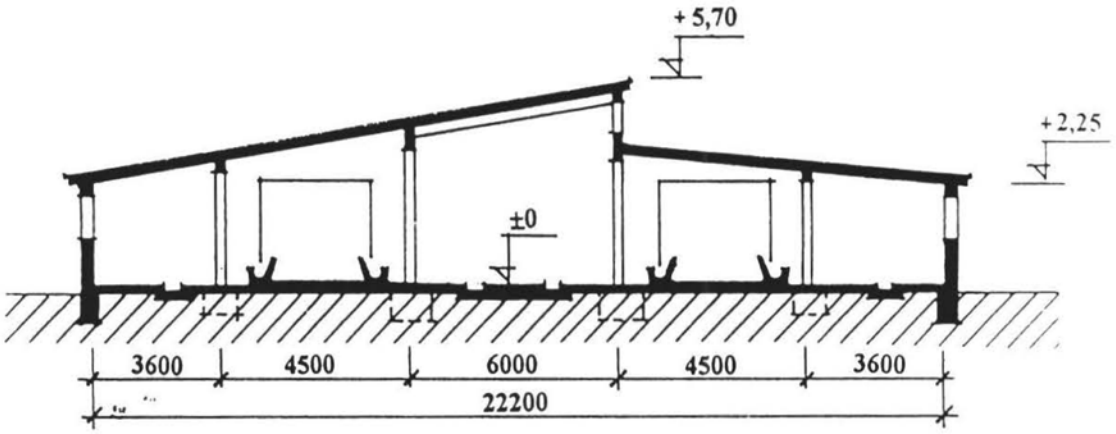


Abb. 2: Hauptmaße des vierreihigen Anbindestalles für 174 Milchkühe - Typ K 174

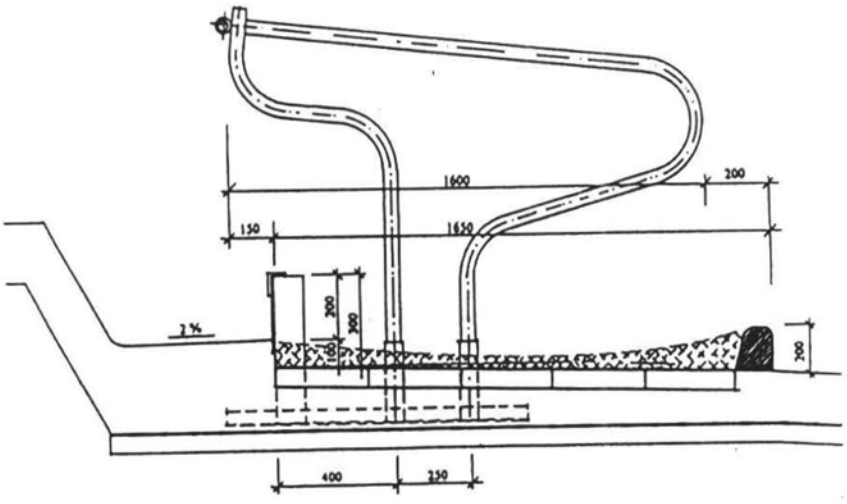


Abb. 3: Konstruktionslösung der Kombibox für Milchkühe

wird. Dabei werden vor allem die Stalltypen K 96 und K 174 modernisiert, die am häufigsten sind und bei welchen die größten Erfahrungen zu ihrer Rekonstruktion vorliegen.

Von der baulichen Disposition her ist am wichtigsten das existierende Konstruktionssystem der zur Rekonstruktion vorgesehenen Ställe. In der Praxis benutzen alle bisher in der TR aufgebauten Ställe das Systemmaß 4500 mm. Daraus ergibt sich auch die Breite des Standes von 1125 mm, die man im Prinzip nicht ändern kann, auch dann nicht, wenn ein zunehmender körperlicher Rahmen der Milchkühe und einige neue Erkenntnisse betrf. der Sauberkeit und Bequemlichkeit der Tiere zu Anforderungen an die Standbreite von 1150 bis 1200 führen.

Für die Einstallungslösung im Stall existieren im Prinzip zwei mögliche Varianten - entweder Liegebox mit abgetrenntem Freßplatz, oder Kombibox, die diese beiden Funktionen verbindet.

Man hat mehrere Versuche aus der Sicht der optimalen Standplatzgestaltung unternommen. Besonders anspruchsvoll war die Lösung der Kombibox, bei der das problemlose Niederlegen der Tiere gesichert und deren Verunreinigung bei der Bewegung im Standbereich minimiert waren. Diese Arbeiten haben zu einer Konstruktionslösung des Standes geführt, wie sie aus Abb. 3 ersichtlich ist. Auf analoge Weise wurde die Liegebox gelöst.

Die Entscheidung, ob bei der Rekonstruktion die Liegebox oder die Kombibox verwendet werden soll, ist von der ursprünglichen baulichen Disposition des zu rekonstruierenden Stalles abhängig, obwohl es vom Gesichtspunkt der Behaglichkeit und Sauberkeit der Tiere keinen Zweifel gibt, daß die Liegebox besser geeignet ist. Deren Nutzung ist jedoch vor allem in ursprünglich durchfahrbaren Anbindeställen mit großen Bauaufwendungen und mit niedriger Ausnutzung des Stallraumes verbunden, was zur starken Erhöhung der Kosten führt. Deswegen benutzt man in diesen Fällen oft die Kombibox, wo die Bauaufwendungen minimal sind. Jedoch ist es notwendig, alle ihre Maße und Konstruktionselemente so zu realisieren, wie es in Abb. 3 dargestellt ist.

Es ist notwendig, die Standlänge dem Körpermaß der Milchkühe anzupassen, weil ein überflüssig langer Stand die Sauberkeit der Tiere mindert und ein zu kurzer Stand für die Tiere unbequem ist. Unter den Bedingungen der TR hat sich die Standlänge der Kombibox von 1650 mm bewährt. Bei der Lösung des Standes ist es notwendig, genügend Freiraum für den Kopf der Milchkühe sicherzustellen. Die Kante der Futterkrippe soll in Höhe von 100 mm aus einem weichen Material (z. B. Gummitextilband aus aussortierten Bandförderern) sein, damit eine Verletzung der Brustpartie der Kuh beim Hinlegen vermieden werden kann. Es hat sich die Bildung der Liegefläche aus Einstreumaterial bewährt, mit dem der Stand kurz vor Inbetriebsetzung des Stalls

gefüllt wird. Die Kuh bildet sich ihre Liegefläche allein aus, trocknet mit der Körperwärme den Mist, und so entsteht ein weiches und trockenes Bett. Analog dazu kann man die Liegeflächenausbildung im Liegeboxenstall empfehlen.

Das Einstreuen erfolgt in beiden Fällen direkt auf die Liegefläche, woher die verschmutzte Einstreu schrittweise mit der Bewegung der Tiere auf den Mistgang ausgetragen wird. Die Menge der Einstreu hängt von den konkreten Bedingungen ab, durchschnittlich genügen 3 bis 4 kg Stroh pro Kuh täglich.

Bei Nutzung der Kombibox ist es auch wichtig, die Möglichkeit des freien Auslaufes der Tiere sicherzustellen. Die Kombination von Auslauf mit der Kombibox trägt nicht nur zum besseren Gesundheitsstand der Tiere und deren Kondition bei, sondern auch zu deren Sauberkeit.

Die Beispiele der rekonstruierten Ställe sind auf den Abbildungen 4 und 5 dargestellt.

Der häufigste Fall ist die Modernisierung des Stalls K 96. Die ursprüngliche bauliche Disposition eignet sich gut für den Umbau in einen Laufstall mit Außenfutterrinne. In Abb. 4 ist das Beispiel einer solchen Rekonstruktion, die die Einstallung der Milchkühe im Trockensteherabteil und auch in einem Abkalbeabteil zeigt, dargestellt. Für größere Betriebe scheint es jedoch vorteilhafter, das ganze Stallobjekt für die laktierenden Milchkühe zu nutzen, weil so die teuere Investition besser genutzt wird.

In Abb. 5 wird ein Beispiel der Rekonstruktion des Stalls K 174 als Kombiboxstall mit Außenausläufen gezeigt. Die Vorteile dieser Lösung ergeben sich aus der Tatsache, daß die notwendigen Bauaufwendungen minimal sind und dadurch auch die Gesamtkosten minimiert werden.

Die Rekonstruktionskosten unterscheiden sich sehr nach den lokalen Bedingungen und nach dem technischen Stallzustand. Bei den älteren Ställen ist es oft notwendig, in Folge der verschärften Anforderungen des Umweltschutzes neue Behälter zu bauen, meistens die Elektroinstallationen ganz auszutauschen, die Versorgungsnetze auszubauen usw.

Laut bisherigen Erfahrungen muß man bei der Rekonstruktion des Stalltypes K 96 (Abb. 1) mit Kosten von 3 bis 7 Mio. Kč rechnen. Analog betragen bei der Modernisierung des Stalls K 174, also Umbau zu einem Laufstall mit Kombiboxen, die Gesamtkosten mindestens 3 Mio. Kč.

Durch Umstallung auf die Laufstallhaltung sinkt markant der Arbeitskraftbedarf, ein Arbeiter betreut 40 bis 50 Milchkühe.

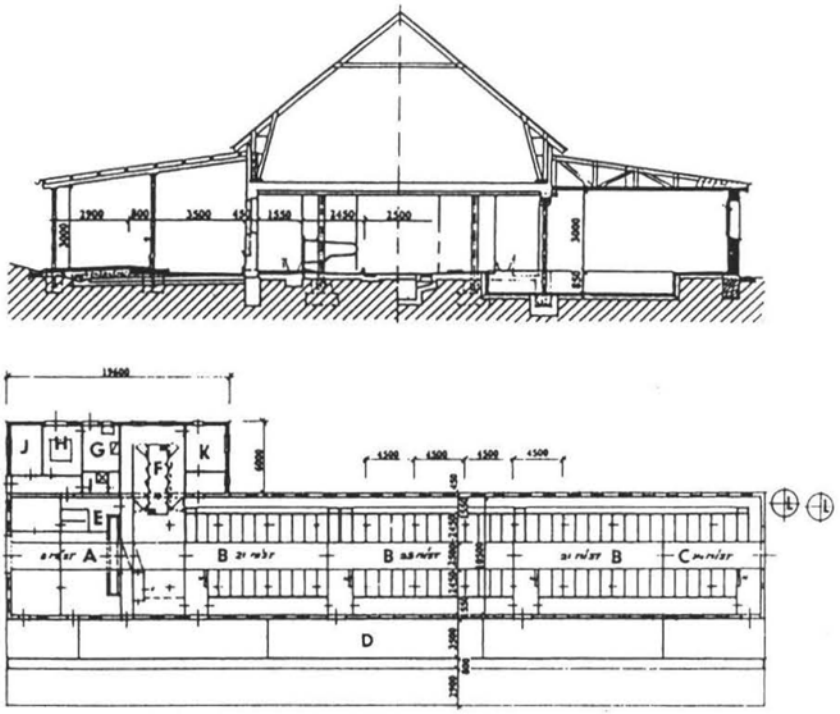


Abb. 4: Umbaubeispiel des Stalles K 96 in einem Laufstall mit Außenfutterrinne

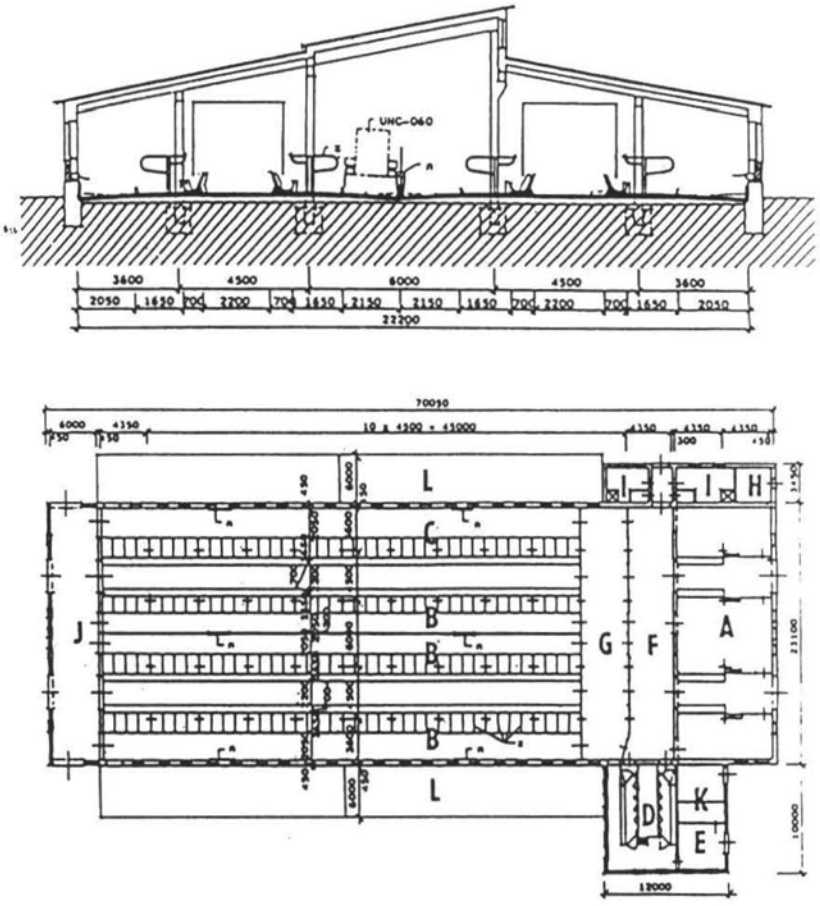


Abb. 5: Umbaubeispiel des Stalles K 174 in einem Laufstall mit Kombiboxen

Schlußfolgerungen

In der TR wurden vor dem Jahre 1989 überwiegend Anbindeställe für mehr als 1,2 Mio. Milchkühe errichtet, von welchen die Mehrheit für die Modernisierung geeignet ist. Bei der Modernisierung entsteht die Änderung des Anstallungssystems auf eingestreute Laufställe mit Liegebox und abgetrennter Futterkrippe oder mit Kombiboxen. Es existiert eine ganze Reihe von Möglichkeiten für die technische Auslegung der Ställe - von den einfachsten Melkanlagen bis zu den Systemen mit automatischer Identifikation der Tiere, mit automatischer Datensammlung und Zuchtsteuerung mit Mikrocomputer. In den modernisierten Ställen verbessern sich markant die Bedinungen sowohl für die Tiere als auch für das Personal. Es sinkt der Arbeitskraftbedarf, ein Arbeiter betreut 40 bis 50 Milchkühe.

Man muß jedoch mit proportional hohen Rekonstruktionskosten rechnen, die entsprechend Rekonstruktionsumfang und technischer Auslegung 20 bis 80 Tausend Kč und in einigen Fällen mehr als 100 Tausend Kč je Tierplatz erreichen. Trotz dieser relativ hohen Kosten entscheiden sich immer mehr Betriebe, ihre Ställe zu rekonstruieren, weil sie nur auf diese Weise unter den neuen ökonomischen Bedingungen konkurrenzfähig sein können.

Untersuchungen zur umweltgerechten Ausführung und zum Betrieb von Flachsiloanlagen

Joachim Kahlstatt[1], Georg Wendl[1] und Heinrich Pirkelmann[2]

Problemstellung und Ziel

Aufgrund der arbeits- und betriebswirtschaftlichen Vorteile hat sich zur Silierung das **Flachsilo** durchgesetzt. Von Seiten des Boden- und Gewässerschutzes kommen jedoch immer größere Bedenken, die die **Umweltverträglichkeit** von Flachsiloanlagen betreffen. Durch weite Verbreitung in der Praxis und niedrige Wandhöhen, die bei Neubauten verstärkt realisiert werden, steigt der Flächenbedarf und damit die der Witterung ausgesetzte Silofläche.

Beim Betrieb von Flachsiloanlagen können als **Abwässer Gärsaft, Sickersaft, kontaminiertes Niederschlagswasser, nicht kontaminiertes Niederschlagswasser** entstehen. Unsicherheiten in der umweltrelevanten Beurteilung bestehen bei den Abwasserarten **Sickersaft** und insbesondere beim **kontaminierten Regenwasser**. Ihre möglichen Gefährdungspotentiale liegen in der mehr oder weniger sauerstoffbindenden Wirkung, dem Nährstoffeintrag sowie der pH-Wert Absenkung.

Ziel eines vom BayStMELF geförderten Projektes ist es, alle Ein- und Austräge aus Flachsiloanlagen zu erfassen, zu analysieren und zu bewerten. Daraus ergeben sich folgende **Teilziele**:

- Quantitative Erfassung aller flüssigen Abgänge aus Flachsiloanlagen im Zeitverlauf,
- Probennahme und umweltrelevante Bewertung der Abwässer,
- Auswirkungen unterschiedlicher Silobauformen mit deren spezifischen Einlagerungs-, Abdeck- und Entnahmeverfahren auf Abwasserart und -menge.

Material und Methode

Auf dem Betriebsgelände des staatlichen Versuchsgutes Grub im Landkreis Ebersberg wurde 1993 eine **Flachsiloanlage** errichtet, die verschiedenen verfahrens-, abwassertechnischen und gärtechnologischen Versuchsanstellung dienen soll (Abb. 1).

[1] Dipl.-Ing. agr. J. Kahlstatt, Dr. agr. G. Wendl, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

[2] Dr. agr. H. Pirkelmann, Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub, Prof. Dürrwaechter-Platz 1, 85586 Poing

Sie besteht aus einem Original **Traunsteiner Silo** mit den Maßen L 26,8 m x B 6,8 m x H 1,3 m. Der theoretische Inhalt beträgt ca. 240 m³. Wandelemente (D 8 cm) und Bodenplatte (D 10 cm) aus Stahlbeton wurden nach der Bauanleitung von PERREITER (1991) gefertigt. In nördlicher Richtung folgen 3 baugleiche Silos aus Fertigteil-Wandelementen in A-M Profil mit den Abmessungen: L 27 m x B 4,5 m x H 1,45 m, ca. 170 m³ Siloinhalt. Die Wandteile sind beidseitig schräg. Die begehbare Mauerkrone mit Wasserrrinne ist mit 50 cm für Folienüberlappung geeignet. Betonschutzmaßnahmen kamen nicht zum Einsatz. Die nördliche Außenwand des vierten **Fertigteilsilos** besteht aus senkrechten L-Elementen, die in die Bodenplatte eingespannt sind. Die Wandstärke beträgt 10 cm, der theoretische Siloinhalt 160 m³. Als dritter, in der Praxis verbreiteter Bautyp wurde eine **Siloplatte** mit den Abmessungen L 27 m x B 9 m gebaut. Die Bodenplatten der Fertigteilsilos sowie der Siloplatte sind in einer 8-10 cm starken Tragdeckschicht aus **Asphaltbeton** ausgeführt.

Alle Abflüsse werden einer neben der Siloanlage stehenden Meß- und Registrierstation zugeführt. In einem der baugleichen Silos (VS I) besteht zudem die Möglichkeit von der Abdeckung abfließendes Niederschlagswasser zu erfassen (Abb. 1). Zur Ableitung der Gärsäfte, Sicker- und Oberflächenwässer sind in die Bodenplatten und zum Teil in die Seitenwände der Silos schnell abführende Rohrleitungen eingebaut.

In der Versuchsanlage ist es möglich, **Gärsaft und Sickersaft** unter dem Futterstock **zeitlich** und das während der Entnahmeperiode von der geräumten Bodenplatte abfließende **Niederschlagswasser räumlich getrennt** zu erfassen.

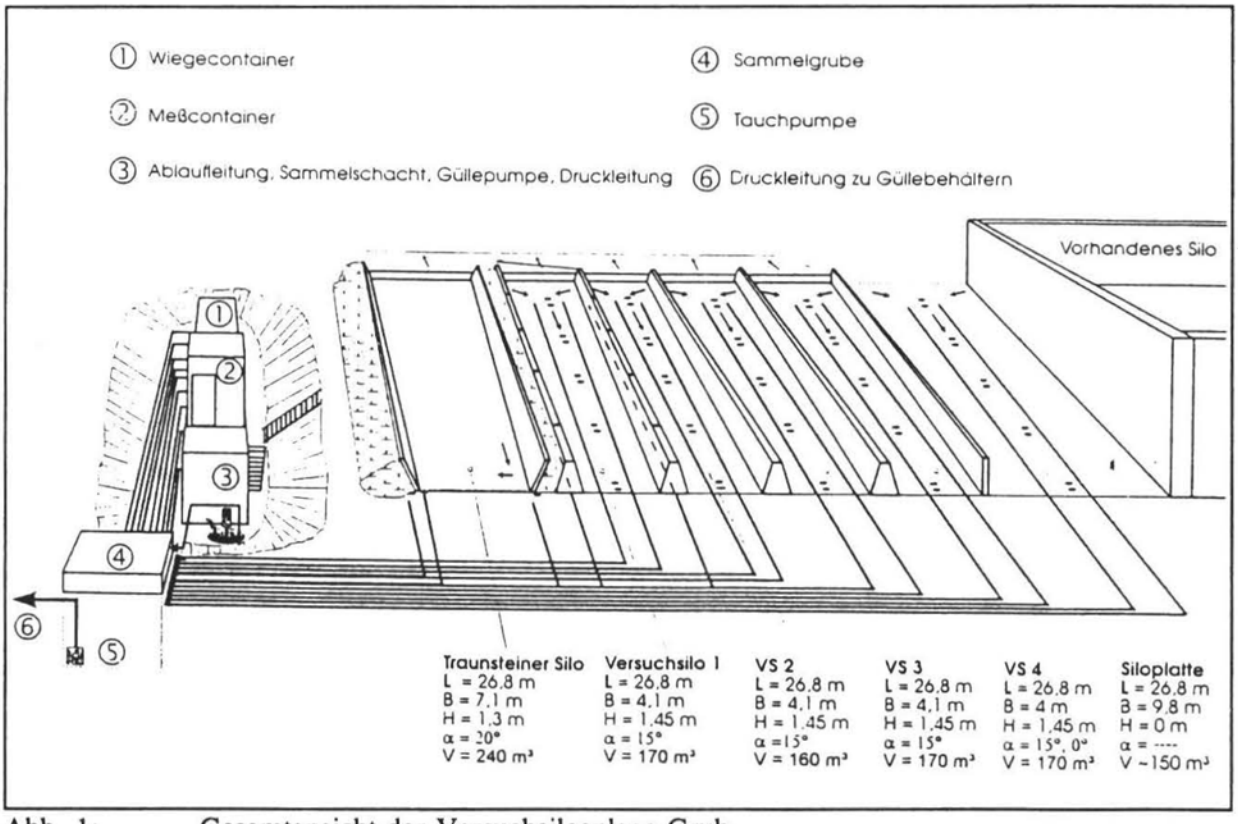


Abb. 1: Gesamtansicht der Versuchsiloanlage Grub

Die Station mißt kontinuierlich den **Durchfluß** von 18 Flüssigkeitsströmen und registriert den zeitlichen Verlauf (Abb. 2). **Temperatur-** und **Niederschlagsdaten** konnten von der 7,5 km entfernten Station Haar des agrarmeteorologischen Meßnetzes in Bayern übernommen werden. Um aus den Ergebnissen der Abwassermessungen Rückschlüsse für Praxisbetriebe ziehen zu können, werden in der Versuchsanlage Grub kontrollierte **Silierversuche** im großtechnischen Rahmen durchgeführt.

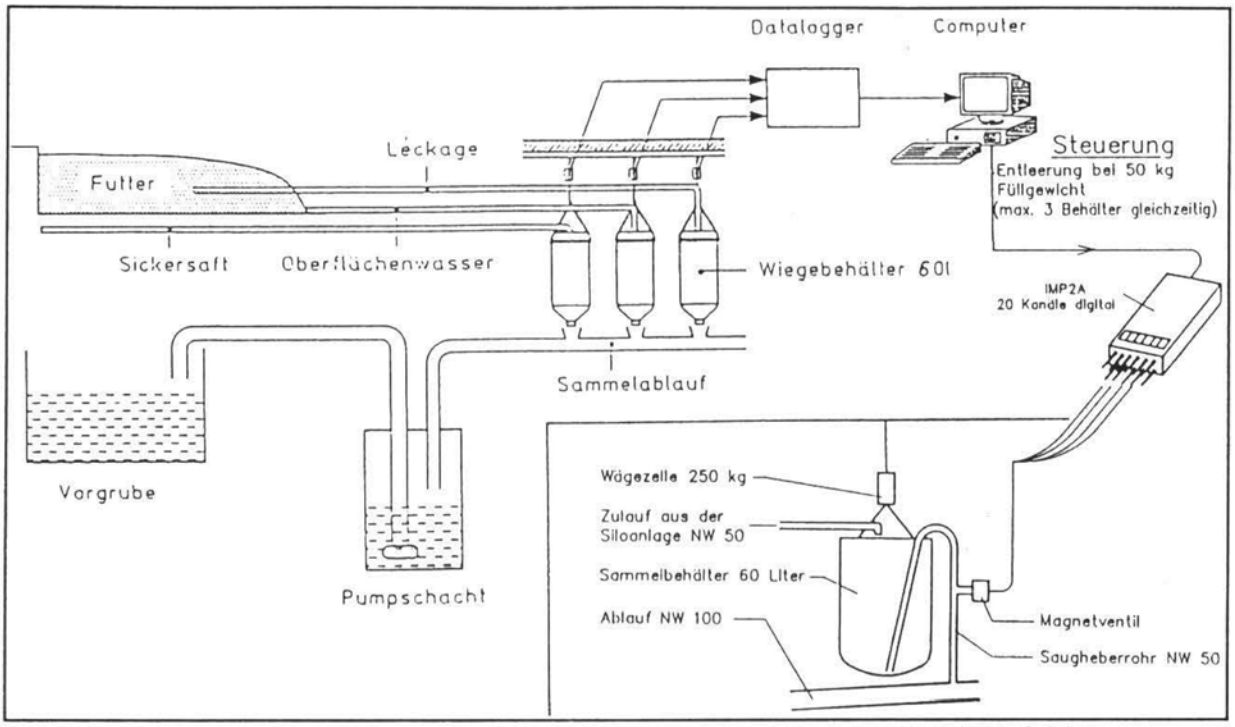


Abb. 2: Funktionsschema zur Abwassermessung in der Versuchsiloanlage Grub

Die ökologische Relevanz von Siloabwässern kann durch die Parameter **Trockensubstanz**, **pH-Wert**, **BSB_5-**, **DOC-** und **Gesamtstickstoffgehalt** gut charakterisiert werden. Akut toxische Stoffe kommen in Siloabwässern nicht vor (KÖBRICH, 1988). Als wichtigste abwassertechnische Kenngröße ist der BSB_5-Wert zu nennen. Er ist ein Summenparameter für die organische Belastung von Abwässern, der auch bei der Erhebung von Abwasserabgaben herangezogen wird (HÖLL, 1979). Als Referenzgröße für die umweltrelevante Charakterisierung der Siloabwässer dient der Parameter **Einwohnergleichwert** (EGW). Ein EGW entspricht der Masse BSB_5 die benötigt wird, um die organische Fracht, die durchschnittlich im Abwasser eines Einwohners enthalten ist, abzubauen.

Ergebnisse und Diskussion

An vier Beispielen werden die Abwassermessungen in der Versuchsanlage demonstriert und deren Gesamtstofffrachten während der Lager- und Entnahmeperiode anhand von eigenen Analyseergebnissen abgeschätzt. Der Einfluß der verschiedenen Silobautypen, insbesondere der Wandform sowie der Silogrundfläche, soll hierbei im Vordergrund stehen.

Gärsaft

Bei **Häckselmais** mit einem TM-Gehalt von 36,9 %, eingelagert in das **Versuchsilo 4**, wurde **kein Gärsaft** registriert (Tab. 1). Während der Lagerung von **Grassilage** mit 20,7 % TM-Gehalt auf der **Siloplatte** traten in 146 Tagen 6002 kg **Gärsaft** auf, der mit durchschnittlich 53000 mg BSB_5/l stark organisch belastet war. Die tägliche organische Fracht entsprach der von 41,5 Einwohnern (Tab. 1). Der rasche Ablauf zu Beginn des Gärprozesses ist typisch für Silagen dieses TM-Bereiches. Nach 10 Tagen waren 35 %, nach 70 Tagen 90 % des Gärsaftes abgeflossen. Die Gesamtmasse von 4,5 % der eingelagerten Frischmasse erscheint im Vergleich zu der Schätzgleichung von HONIG (1967), die 8,9 % prognostiziert, als zu gering. Nach der Interpolation fehlender Daten würden 5,8 Vol % der eingelagerten Frischmasse erreicht, was schon eher dem erwarteten Wert entspricht. Berücksichtigt man jedoch die geringe Futterstapelhöhe von etwa 1,3 m, muß die oben genannte Regressionsgleichung eingeschränkt werden weil, sie scheinbar nicht für alle Silierbedingungen Gültigkeit hat. Untersuchungen von KNABE, FECHNER & WEISE (1986) über Gärsaftbildung in Hoch- und Flachsilos zeigten, daß mit steigendem Druck die Gärsaftbildung erhöht wird. Die Autoren sagen bei gegebenem TM-Gehalt von 20 % und einer Futterstockhöhe von 2 m eine Masse von 5570 kg voraus, was in etwa mit den eigenen Messungen übereinstimmt. Nach der Einlagerung von **Grünroggen-GPS** und **Wiesengras** in das **Traunsteiner Silo** wurden aufgrund des TM-Gehaltes der Mischsilage von 24,4 % ein Gärsaftmassenstrom von 1891 kg gemessen. Nach 10 Tagen Lagerungsdauer waren erst 2 %, nach 70 Tagen ca. 60 % der Gesamtmasse abgeflossen. Der beobachtete ungleichmäßige Kurvenverlauf war auf Verstopfungen der Parzinger Rinne zurückzuführen, so daß **Gärsaft** auf die Rangierplatte abfloß und nicht erfaßt werden konnte. Bei Saftrückstau im Futterstock und gleichzeitiger Erhöhung der Vertikal- und Horizontaldrücke im Silo (FÜRRL, 1993), wurde Gärsaft durch Fugenschäden an den Wandanschlüssen in die Stellrinnen beider Seiten gedrückt und von der Anlage registriert. Nach Interpolation der Meßdaten gleicht der Wert von 3110 kg in etwa dem Ergebnis von KNABE, FECHNER & WEISE (1986), die bei 22 % TM-Gehalt und einer Stapelhöhe von 2 m einen Wert von 3290 kg Gärsaft errechneten. In der Tabelle 1 ist daher die Umweltwirkung mit den realitätsnäheren Interpolationsdaten abgeschätzt. Der Gärsaftmassenstrom entsprach 12,9 EGW täglich oder 3140 EGW insgesamt. Im **Versuchsilo 2** lagerte eine **Wiesengrass**ilage mit 28,8 % TM-Gehalt. Der Gärsaftmassenstrom von 517 kg entspricht 0,35 % der eingefüllten Frischmasse. Ein Vergleich der Messungen' mit den Schätzungen verschiedener Autoren zum Gärsaftabfluß zeigt die beste Übereinstimmung mit der Regression von HONIG (1967), die 0,46 % voraussagt. Bei KNABE, FECHNER & WEISE (1986) sowie PIRKELMANN & WAGNER (1992) tritt in diesem TM-Bereich kein **Gärsaft** mehr auf. Hieraus werden die Probleme der Mengenabschätzung, insbesondere in den Grenzbereichen der Modelle deutlich. Die gemessenen pH-Werte weisen auf unverdünnten Gärsaft hin, der gegen Ende der Meßperiode, aufgrund geringer Zulaufmengen in die Behälter, Abbauprozessen unterlag. Die geschätzte organische Belastung lag während 82 Tagen bei 6,4 EGW/d oder 522 EGW insgesamt.

Sickersaft

Die senkrechte Außenwand des **Versuchsilos 4** konnte im Anstiegbereich des Futterstockes auf einer Länge von ca. 5 m nicht abgedeckt werden. Auf der anderen Siloseite war durch die Angleichung der Wandgeometrie an die Haufenform des Futterstockes und der breiteren Mauerkrone die sickersaftsichere Abdeckung bis auf die Wand möglich (Abb. 1). Von den Abdeckungen abfließendes Niederschlagswasser konnte schnell über die Mauerkronen auf die Rangierfläche abgeführt werden. Durch Schlagregen an die etwa 3,5 m² große, freie Wandfläche und von der Abdeckung abfließendem Niederschlagswasser entstanden 780 kg **Sickersaft**, der durchschnittlich mit BSB_5-Werten von 27000 belastet war. Die Sickersaftpiks verlaufen parallel zu den Niederschlagsereignissen (Abb. 3) Dies entspricht 401 Einwohnergleichwerten insgesamt oder, bei einer Lagerungsdauer von 253 Tagen, einer täglichen organischen Fracht von 1,6 EGW (Tab. 1). Auf der **Siloplatte** wurde **kein Sickersaft** gemessen. Im **Traunsteiner Silo** trat, durch die vorbildliche, regensichere Siloabdeckung bis auf die Erdwälle und über die Querrinne hinweg, **kein Sickersaft** auf. Auch bei **Versuchsilo 2** trat wegen der vollständigen haufenförmigen Befüllung und der angepaßten Wandform, die eine witterungsbeständige Abdeckung bis auf die Mauerkronen ermöglichte, **kein Sickersaft** auf. Während der Entnahmeperioden waren die Anschnitte stets durch die bis auf die Bodenplatten herabgezogenen Abdeckungen vor Niederschlägen geschützt, so daß kein Sickersaft entstand.

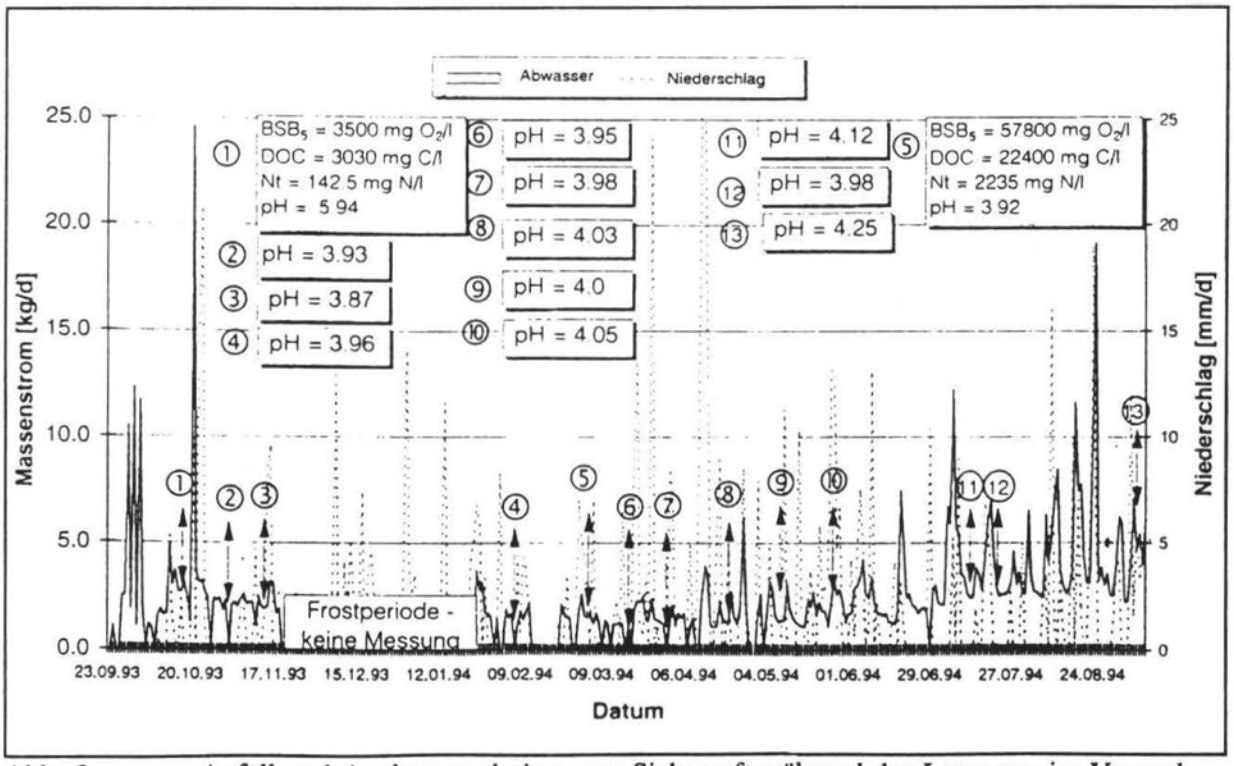


Abb. 3: Anfall und Analyseergebnisse von Sickersaft während der Lagerung im Versuchsilo 4

Kontaminiertes Niederschlagswasser

Während der 35-tägigen Entnahmepeiode im **Versuchsilo 4** wurden 2708 kg **kontaminiertes Niederschlagswasser** von der geräumten Bodenplattenfläche registriert. Die durchschnittliche organische Belastung betrug nach ersten Ergebnissen 2000 mg O_2/l. Die tägliche Abwasserschmutzfracht entsprach der von 3 Einwohnern (Tab. 1). Da das **Traunsteiner Silo** noch verschlossen ist, fiel **kein kontaminiertes Niederschlagswasser** an. Bei der Entnahme aus dem Versuchsilo 2 entstanden 4791 kg **kontaminiertes Niederschlagswasser**, das mit durchschnittlich 2000 mg BSB_5/l belastet war und dem Abwasser von 183 Einwohnern entsprach (= 4 EGW/d) (Tab. 1). Während der 46-tägigen Entnahmeperiode entstanden auf der **Siloplatte** 12201 kg **kontaminiertes Niederschlagswasser** (Abb. 4). PH-Wert Messungen und Analyseergebnisse lassen auf Gärsaftbeimengungen schließen, die etwaige Verdünnungseffekte durch die große Grundfläche/m³ Siloraum wahrscheinlich überdeckten. Bei unterstellten BSB_5 Konzentrationen von 2000 mg O_2/l, lag die geschätzte tägliche Schmutzfracht bei 10,1 EGW. Die Silos wurden im Versuch gabel- bis besenrein gehalten. Der Einfluß der Silogrundfläche auf den Anfall kontaminierten Niederschlagswassers ist schwierig zu interpretieren. Werden die erfaßten Abwassermassen mit 50 % der Bodenplattenflächen der Silos in m² (= durchschnittliche Einzugsfläche während der Entnahmeperiode) und der Entnahmedauer in Tagen verrechnet, so ergibt sich für die Siloplatte ein Wert von 2 kg/m²*d, für das Versuchsilo 2 die Masse von 1,9 kg/m²*d und im Versuchsilo 4 wird 1,4kg/m²*d erreicht.

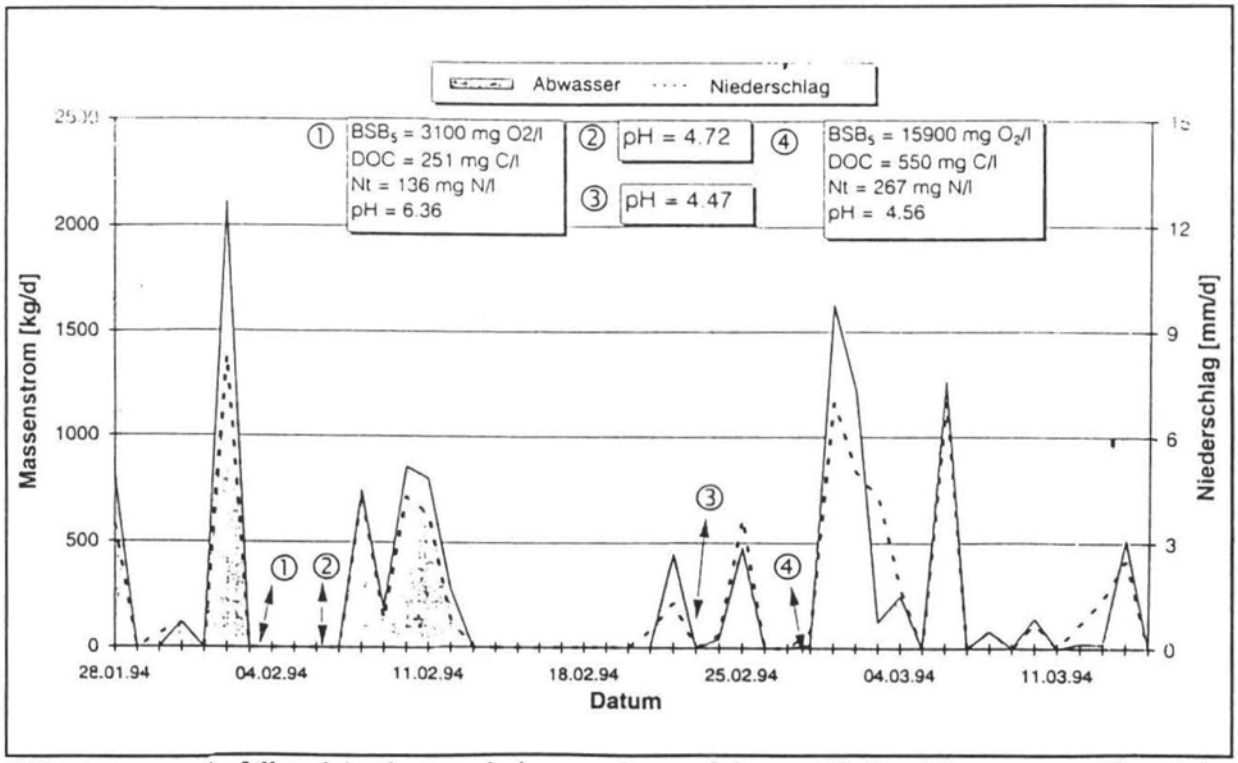


Abb. 4: Anfall und Analyseergebnisse von kontaminiertem Niederschlagswasser während der Lagerung auf der Siloplatte

Tab. 1: Abwassertechnische Kenndaten ausgewählter Silierversuche

Silo/ Futterart	TM Gehalt	Abwasser				
		[1] Art/ Gesamtmasse	Dauer/ Masse pro Tag	[2]organ. Fracht BSB_5 / l	[3]EGW/-Tag	EGW Summe
Versuchsilo 4 Silomais	36,9 %	Gärsaft 0 kg	253 d = 0 kg/d	53000	0	0
		Sickersaft 780 kg	253 d = 3,1 kg/d	27000	1,6	401
		kNSW 2708 kg	35 d = 77,4 kg/d	2000	3,0	103
Siloplatte 4. Schnitt Wiesengras	20,7 %	Gärsaft 6002 kg	146 d = 41,1 kg/d	53000	41,5	6059
		Sickersaft 0 kg	146 d = 0 kg/d	27000	0	0
		kNSW 12201 kg	46 d = 265 kg/d	2000	10,1	465
Traunsteiner Silo 1. Schnitt Wiesengras, Grünroggen GPS	24,4 %	Gärsaft 3110 kg	243 d = 12,8 kg/d	53000	12,9	3140
		Sickersaft 0 kg	243 d = 0 kg/d	27000	0	0
		kNSW	Silo noch geschlossen	2000	0	0
Versuchsilo 2 3. Schnitt Wiesengras	28,8 %	Gärsaft 517 kg	82 d = 6,3 kg/d	53000	6,4	522
		Sickersaft 0 kg	82 d = 0 kg/d	27000	0	0
		kNSW 4791 kg	46 d = 104 kg/d	2000	4	183

[1] kNSW = kontaminiertes Niederschlagswasser; [2] durchschnittliche BSB_5 Konzentrationen aus eigenen Messungen; [3] EGW = Einwohnergleichwert angegeben in BSB_5/E*d = 52 g O_2/Einwohner und Tag)

Diese geringen Differenzen sind auf unterschiedliche Klimabedingungen während den verschiedenen Entnahmezeiträumen zurückzuführen. Abwassertechnisch entscheidend bleiben jedoch die Gesamtmassen, die beim Betrieb der Anlagen emittieren. Erste Analyseergebnisse zeigten nur geringe Unterschiede im Kontaminationsgrad des abfließenden Niederschlagswassers, die um 2000 mg O_2/l liegen. Diese Erkenntnisse bedürfen aber zur Absicherung noch weiterer Untersuchungsergebnisse.

Hinweise zur Vermeidung

Bei Einhaltung verfahrenstechnischer Empfehlungen wie Anwelken und rasche Befüllung war das Gärsaftrisiko gering. Waren die Silowände unvollständig abgedeckt trat Sickersaft auf,

der etwa um den Faktor 10 stärker organisch belastet war als kommunale Abwässer. Es zeigte sich deutlich, daß sich das Sickersaftproblem minimieren ließe, wenn es gelänge, den Futterstock mit den Seitenwänden vollständig abzudecken. Auch während der Entnahmeperiode sollte die Anschnittfläche durch eine sorgfältige Abdeckung vor Schlagregen und damit Sickersaftbildung geschützt werden. Gemeinsame Trennwände in Batterien müssen eine, für die sichere Fixierung der Abdeckung ausreichende Breite aufweisen. Nur so läßt sich Niederschlagswasser sicher und schnell aus dem Silo ableiten.

Als massenmäßig bedeutendste Abwasserfraktion stellte sich das kontaminierte Niederschlagswasser heraus. Sein Erscheinen hängt stark von dem Verhältnis des Siloraumes zur Grundfläche ab, was wiederum große Stapelhöhen favorisiert. Eine verlustarme Silierung mit geringem Abraumanteil, der oft im Silo verbleibt und ausgewaschen werden kann, sowie eine verlustarme Entnahmetechnik können die organischen Belastungen im abfließenden Niederschlagswasser auf ein Mindestmaß beschränken.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Abwassermessung in der Versuchsanlage Grub stellte sich als eine geeignete technische Einrichtung zur exakten Erfassung der einzelnen Siloabwasserfraktionen im Zeitverlauf heraus. Erstmals wurden, außer während Frostperioden, anfallender Sickersaft und kontaminiertes Niederschlagswasser über die gesamte Nutzungsperiode der Silos genau protokolliert. Gär- und Sickersaft lassen sich durch bau- und verfahrenstechnische Maßnahmen vermeiden. In nicht überdachten Silos läßt sich das kontaminierte Niederschlagswasser nur mit angepaßter Silier- und Entnahmetechnik auf ein Mindestmaß beschränken. Die Gewissenhaftigkeit des Silobetreibers zur Minimierung dieser Abwasserfraktion steht hier an erster Stelle.

Literaturliste

FÜRRL, C. (1993): Sickersaftbildung bei der Grünfuttersilierung. In: Bornimer Agrartechnische Berichte (2), S 95-107.

HONIG, H. (1967): Gärvorgang, Verluste und Qualität bei der Konservierung von Mähweidegras mit unterschiedlichem Trockensubstanzgehalt. In: Das wirtschaftseigene Futter **13** (1), S. 5-16.

KNABE, O., M. FECHNER & G. WEISE (1986): Verfahren der Silageproduktion. Berlin, VEB.

HÖLL, K. (1979): Wasser - Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Virologie, Biologie. Hrsg. De Gruyter Berlin, New York.

KÖBRICH, D. (1988): Umweltgerechte Entsorgung von Silagesickersäften. KTBL-Arbeitspapier **117**. Hrsg. KTBL Darmstadt. 73 S.

PERREITER, J. (1991): Traunsteiner Silo - Planung, Bau, Silierung, Entnahme, Betrieb, Kosten, Qualität. 14. überarbeitete Aufl., Mai 1991. Hrsg. Verlag Erna Perreiter, Wörglham. 89 S.

PIRKELMANN, H. & M. WAGNER (1992): Einsatz von Zuckerrüben-Trockenschnitzeln zur Bereitung von Grassilage. Landtechnik-Bericht Heft 2, 54 S.

Intensivrotte tierischer Exkremente in einem Intensivrottereaktor unter besonderer Berücksichtigung der Emissionen

Andreas Hentschel, Jürgen Beck und Thomas Jungbluth[1]

Einleitung

Die Kompostierung ist ein Lösungsansatz für einige Probleme, die die Tierproduktion mit den tierischen Exkrementen hat. Bei der Rotte von Feststoffen und Festmisten treten jedoch Ammoniakemissionen auf, die zu einem unkontrollierten Stickstoffeintrag in die Atmosphäre beitragen und gleichzeitig einen Nährstoffverlust des Wirtschaftsdüngers bedeuten. In Laborversuchen mit zwangsbelüfteten Rottereaktoren haben KÄCK et al. (1994) und CSEHI (1993) u. a. festgestellt, daß bei niedriger Belüftungsrate nur geringe NH_3-Emissionen auftreten. Um die bisherigen Erkenntnisse weiter zu vertiefen und gleichzeitig Strategien zur Reduktion der NH_3-Freisetzung weiter zu entwickeln, lag es nahe, in den praxisrelevanten technischen Maßstab (20 m^3) zu wechseln und mit einer Intensivrotte in einem zwangsbelüfteten Rottereaktor zu arbeiten.

Material und Methoden

Die Einbindung der eigenen Versuchsanstellung in die gesamte Dungbehandlungsanlage des Versuchsgutes „Unterer Lindenhof" der Universität Hohenheim wurde wie folgt realisiert: Die in den Schweine- und Rinderställen anfallende Rohgülle wird in einer Vorgrube zwischengelagert. Je nach Bedarf wird der Flüssigmist von dort zu einem Preßschneckenseparator (System FAN) gepumpt und von diesem in eine feste und flüssige Phase getrennt. Die Dünngülle läuft in einen Lagerbehälter und wird nach Belüftung auf den arrondierten Flächen des Betriebes verregnet. Die anfallenden Feststoffe werden nach einer volumetrischen und gravimetrischen Erfassung direkt in den Reaktor gegeben. Nach einer Verweildauer von fünf bis zehn Tagen, je nach Versuchsanstellung, wird der Frischkompost ausgetragen und anschließend der Reiferotte in einer Miete zugeführt.

[1] Dipl.-Ing. agr. A. Hentschel, Dr.-agr. J. Beck, Prof. Dr. T. Jungbluth, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik - 440 -, Fachgebiet für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

Der Aufbau und die Funktionen des Reaktors sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Feststoffe werden in den Eingabetrichter gefüllt und mit einem Kettenförderer von oben

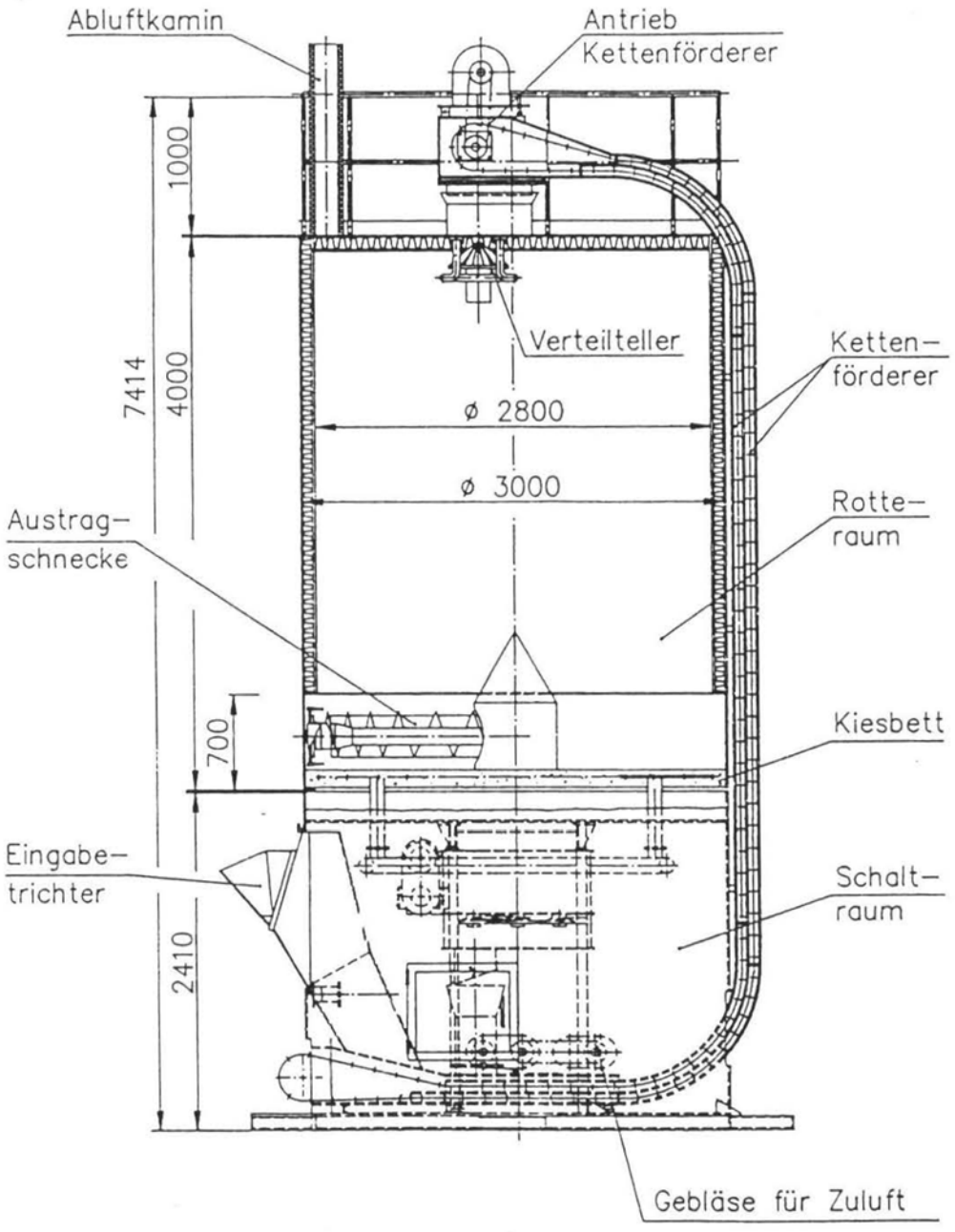


Abb. 1: Querschnitt des Reaktors

in den Rotteraum befördert. Um Kegelschüttungen und damit eine ungleichmäßige Luftdurchlässigkeit zu vermeiden, wird das Gut über einen rotierenden Verteilteller geworfen. Der Austrag des vorgerotteten Materials erfolgt mit einer Schnecke, das Gut gelangt durch einen Fallschacht auf ein Förderband und aus dem Reaktor. Für die gleichmäßige Versorgung mit Sauerstoff sorgt ein Gebläse. Über eine Ringleitung wird die Zuluft in vier kreisförmig um die Mitte verlegte Drainagerohre gedrückt. Um Verstopfun-

gen der Rohröffnungen durch organisches Material zu vermeiden, sind diese in eine Kiesschicht eingebettet. Die Abluft verläßt den Rotteraum durch einen Kamin, in diesem werden die Konzentrationen an O_2, CO_2, CH_4 und NH_4-N ebenso erfaßt, wie die Temperatur. Die Gehalte der Abluft an O_2, CO_2 und CH_4werden mittels elektronischer Sensorik (Ultramat, Fa. Siemens) ermittelt. Die Temperaturen im Substrat werden ab einer Höhe von 25 cm im Abstand von 50 cm mit sieben NiCr-Ni Ausgleichselementen kontinuierlich gemessen. Eine horizontale Temperaturaufnahme erfolgte stichprobenartig. Ebenso wird die Temperaturentwicklung in einer Kompostcharge bei deren Passage durch den Reaktor beim quasi-kontinuierlichen Betrieb mit mobilen Datenloggern (Fa. RS Components) registriert. Die NH_3-Konzentrationen werden in der Regel zweimal täglich nach dem naßchemischen Verfahren ermittelt.

Aufgrund der Konstruktion der Reaktors können verschiedene Versuchsanstellungen realisiert werden. Zunächst sei das Batch-Verfahren erwähnt, mit dem auch Versuche im Labor sowie im halbtechnischen Maßstab durchgeführt worden sind (HENTSCHEL 1993). Im Batch-Betrieb wird der Reaktor innerhalb möglichst kurzer Zeit vollständig gefüllt. Das Substrat wird dann 10 Tage belüftet und anschließend als Frischkompost ausgelagert.

Ein weiteres Verfahren, das mit dem Reaktor realisiert werden kann, ist der quasi-kontinuierliche Betrieb, d. h. während der ständigen O_2-Zufuhr wird täglich eine geringe Menge an Feststoffen zugegeben und die entsprechende Menge an Frischkompost entnommen. Die Versuche unterscheiden sich durch die Belüftungsrate und die Dauer der Kompostierung.

Erste Ergebnisse

Die Ergebnisse im Batch-Betrieb werden exemplarisch an dem Versuch mit einer Belüftungsrate von 10 l / kg TS * h dargestellt. Innerhalb des Substrates kam es sehr rasch zu einem steilen Temperaturanstieg (vgl. Abb. 2). Das Temperaturmaximum wurde bereits im Laufe des zweiten Tages überschritten, danach sanken die Temperaturen kontinuierlich bis zum Versuchsende ab. Die Temperaturkurve der Abluft zeigte zunächst einen etwas anderen Verlauf. Hier kam es erst nach ca. 20 Stunden zu dem charakteristischen Temperaturanstieg, d. h. nachdem sich der gesamte Reaktorinhalt, also auch die Substratschichten über 175 cm, erhitzt hatten. Die NH_3-Emissionen laufen parallel zur Temperatur der Abluft. Während noch am ersten Tag sehr geringe Emissionen zu erkennen waren,

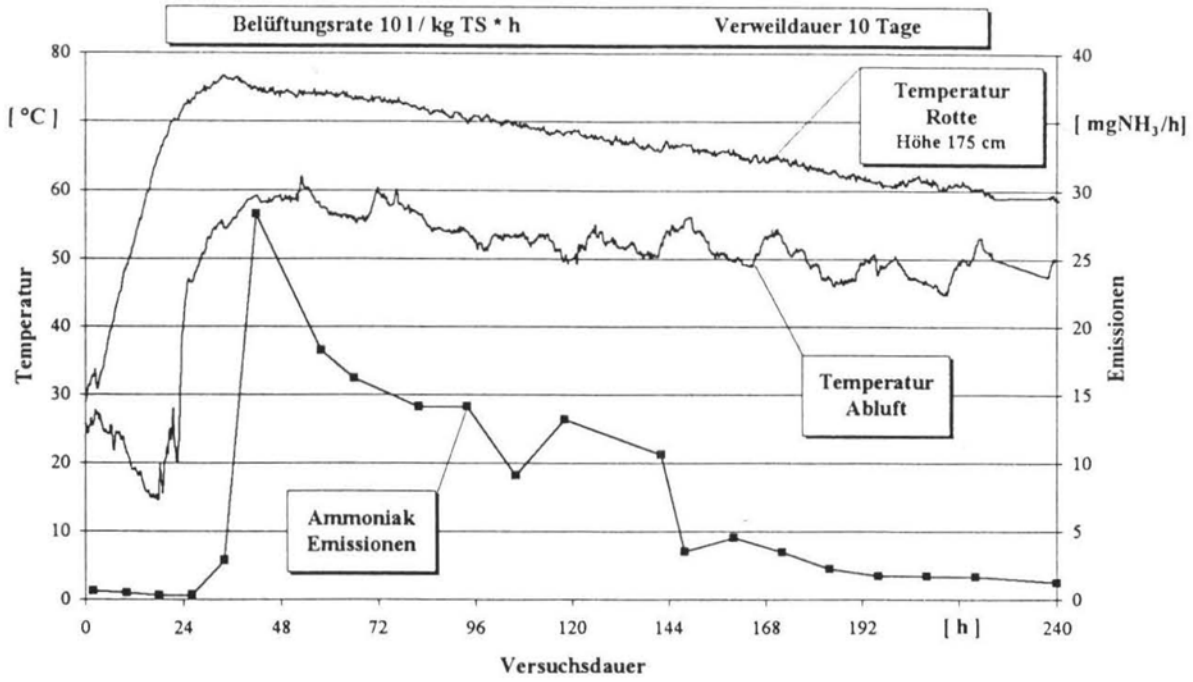


Abb. 2: Temperaturentwicklung und NH_3-Freisetzung beim Batch-Betrieb

stiegen sie gegen Ende des zweiten Tages bis zum Maximum an. Bei diesem Versuch mit einer geringen Belüftungsrate zeigte sich, daß die Versorgung des Substrates mit Sauerstoff limitierend für die mikrobiellen Umsetzungen war. Die Bakterien im unteren Bereich verbrauchten das O_2 zunächst fast vollständig, somit kam es in den oberen Zonen erst später zu einer raschen Erhitzung, dadurch wurden die NH_3-Emissionen zunächst unterdrückt.

Bei quasi-kontinuierlicher Verfahrensweise und einem konstanten Inhalt von 20 m^3 bedeutet eine Verweildauer von zehn Tagen, daß täglich 2 m^3 eingelagert wurden; bei sieben Tagen Intensivrotte wurden 3 m^3 / Tag eingelagert.

In diesen Versuchen und aber auch bei den Batch-Versuchen wurde die Tatsache deutlich, daß die Temperatur im unteren Bereich durch die ständige Auskühlung der Frischluft wesentlich geringere Werte erreichte als in den oberen Substratschichten (vgl. Abb. 3). Im täglichen Befüll- und Entnahmerhythmus kommt es zu erheblichen Schwankungen der Substrat- und Ablufttemperaturen. Bei der Auslagerung wird unten Material entnommen, dadurch rutscht von oben wärmeres Gut nach und es kommt innerhalb der gleichen Ebene zu einem sprunghaften Temperaturanstieg. Bei der zeitgleich ablaufenden Einlagerung von frisch separierten Feststoffen sank die Ablufttemperatur erheblich ab.

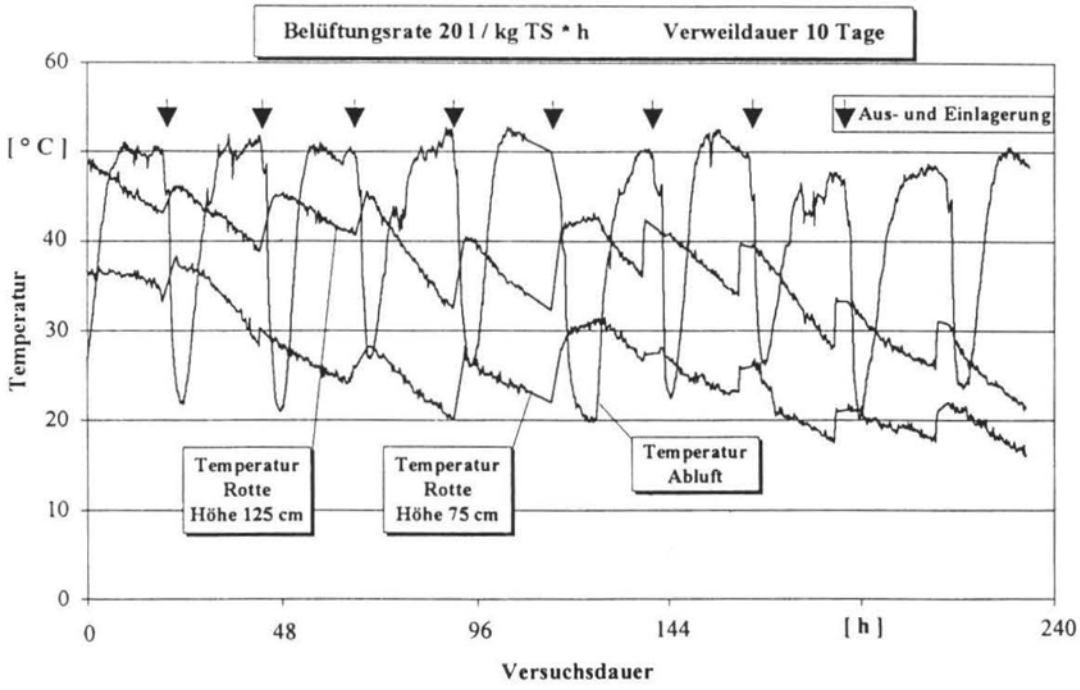


Abb. 3: Temperaturverläufe beim quasi-kontinuierlichen Betrieb

Die relativ kalten Feststoffe erwärmten sich jedoch schnell wieder, so daß sich die Temperatur der Abluft innerhalb weniger Stunden wieder dem alten Niveau angeglichen hat. Ein Vergleich der Rottetemperatur mit der Temperatur der Abluft über die gesamte Versuchdauer hinweg zeigt, daß die Temperatur der Rotte eher uneinheitlich verläuft und gegen Ende sogar eine extreme Abnahme verzeichnet. Die Ablufttemperatur hält dagegen, abgesehen von den Befüllphasen, ein relativ einheitliches Temperaturniveau und ist als Kenngröße zur Beurteilung der Wärmeentwicklungund des Rotteverlaufes ein recht konstanter Parameter.

Im Gegensatz zum absätzigen Batch-Verfahren ist während der Versuchsdauer kein gleichmäßiger Verlauf der Emissionen zu beobachten (vgl. Abb. 4). Bei näherer Betrachtung sieht man, daß es nach der Einlagerung zu einem deutlichen Rückgang der Emissionen kam, im weiteren Tagesverlauf stiegen die Emissionen wieder an. Kürzere Meßintervalle (zwischen 110 und 156 Stunden) lassen erkennen, daß die Emissionen in einem noch weiteren Konzentrationsbereich einzustufen sind. Direkt nach und auch während der Einlagerung sind die NH_3-Emissionen stark reduziert. Danach stiegen diese jedoch auf noch höhere Werte an als bei dem nivellierenden halbtäglichen Meßintervall zu erkennen ist. In diesem Beobachtungszeitraum ist gut zu erkennen, daß die frisch eingelagerten noch kühlen Feststoffe eine, wenn auch nur begrenzte Filterwirkung haben und so den Ammoniakausstoß reduzieren können. Dieser kann durch eine dickere Filter

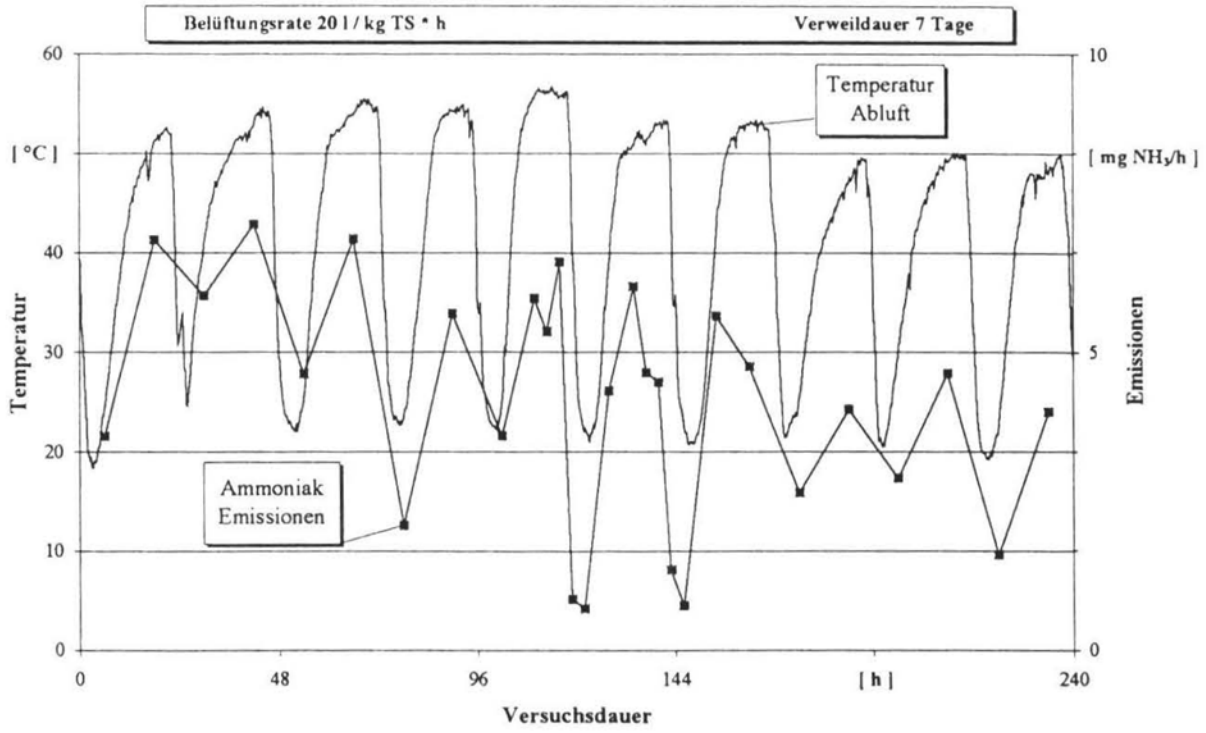


Abb. 4: Temperatur- und NH_3-Entwicklung beim qusai-kontinuierlichen Betrieb

schicht noch stärker reduziert werden, die gesamten NH_3-Emissionen liegen auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau.

Für einen Versuch sind als Teil der Nährstoffanalyse in Abbildung 5 sowohl die im Ausgangssubstrat als auch die im Frischkompost enthaltenen Stickstofffraktionen dargestellt. Auffallend ist zunächst der relativ geringe Gehalt an Gesamtstickstoff mit ca. 1,2 % i. TS. Dieser niedrige Wert ist durch das auf dem Versuchsgut praktizierte Entmistungssystem in Verbindung mit dem Einsatz von Strohmehl und Spülwasser begründet. Der im Ausgangssubstrat recht hohe Anteil an Ammonium-N (NH_4-N) wurde im Verlauf der Vorrotte durch Bakterien in Mikrobeneiweiß eingebaut und so als organischer Stickstoff (N_{org}-N) gegen Emissionen und mögliche Auswaschung bei der Ausbringung stabilisiert. Ein Vergleich des Ausgangssubstrates (Feststoffe aus Mischflüssigmist) mit dem Endprodukt (Frischkompost) zeigt, daß die durchschnittliche Zunahme von N_{org}-N ca. 40 % betrug und daß damit der leicht auswaschbare und emissionsgefährdete NH_4-N stark reduziert wurde.

Ein weiteres Ziel der Kompostierung, nämlich die Erhaltung der Nährstoffe, kann mit diesem Verfahren erreicht werden. Der Stickstoff liegt nach der Rotte in einer stabileren und dennoch pflanzenverfügbaren und umweltverträglicheren Form vor als im Ausgangssubstrat.

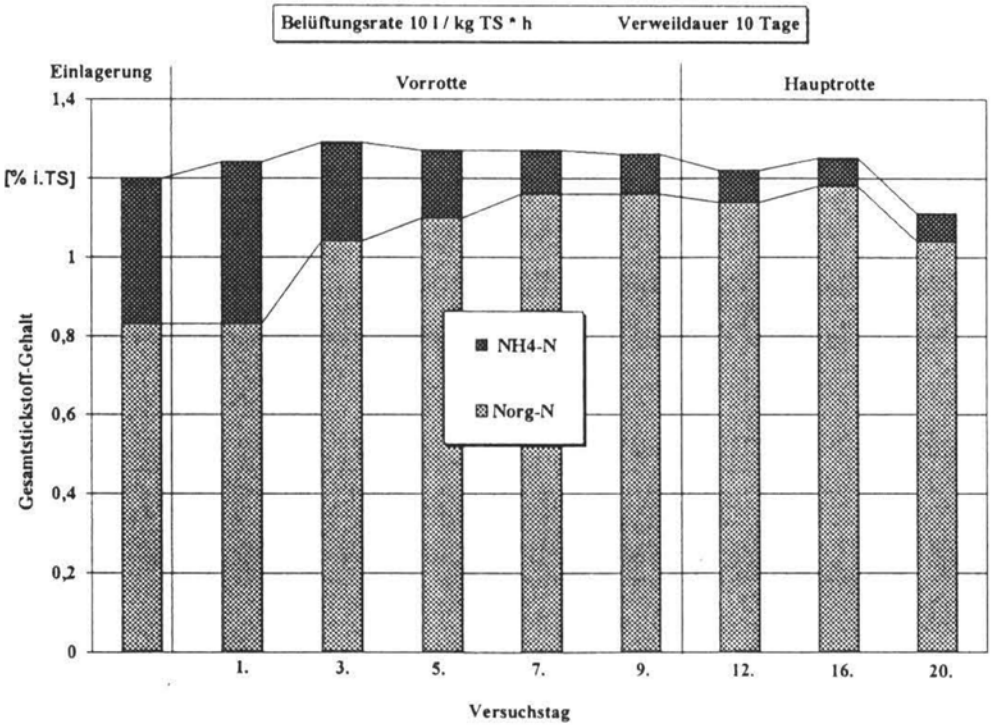


Abb. 5: Stickstoffumsetzungen beim quasi-kontinuierlichen Betrieb

Als ein Ergebnis der bisherigen Versuche mußte jedoch noch ein Problem festgestellt werden, das jedoch in Kürze gelöst werden wird. Innerhalb des Substratstapels gibt es einen fallenden Temperaturgradienten vom Reaktorzentrum zum Reaktorrand. Während im zentralen Kern je nach Höhe Temperaturen von 50 - 70 °C herrschten, lagen diese im Randbereich um ca. 30 °K tiefer. Die niedrigen Temperaturen im Randbereich waren an sich kein Problem, wenn nicht unmittelbar damit auch die Hygienisierung beeinträchtigt wäre. So spiegelt sich der Einfluß niedriger Temperaturen in den Ergebnissen der Keimgehaltsuntersuchungen wider. Bei den Ergebnissen der Proben ist lediglich im oberen Bereich des Substrates ein leichter Rückgang der Keimgehalte zu verzeichnen. Hier kann man jedoch nicht von einer vollständigen Hygienisierung (d. h. Abtötung der Keime) sprechen. Im Basis- und Kernbereich waren die Keimgehalte v. a. wegen der dort optimalen Temperaturen für eine Mikrobenvermehrung sogar noch angestiegen. Eine erfolgreiche Intensivrotte die auch die Abtötung von Krankheitserregern und Unkrautsamen mit einschließt, ist mit dem Reaktor, so wie er vom Hersteller geliefert worden war, nicht möglich. Die Ursache für die geringen Randtemperaturen liegt in der unzureichenden Wärmedämmung des Reaktors begründet. Der Hohlraum zwischen der Innen- und Außenwand ist nur unzureichend mit PU-Schaum gefüllt, so daß hier große Flächenanteile zu erhöhter Wärmetransmission beitragen, wie thermographische Aufnahmen des Reaktors zeigten. Dieser Mißstand wird durch eine zusätzliche Außendämmung sicher behoben werden können.

Vorläufige Schlußfolgerungen

Die Übertragbarkeit der im Labor- und halbtechnischen Maßstab gewonnenen Ergebnisse auf den technischen Maßstab ist zum augenblicklichen Zeitpunkt nur mit Einschränkungen möglich; denn für eine erfolgreiche Intensivrotte, d. h. auch zur sicheren Hygienisierung, sind noch konstruktive Ergänzungen (verbesserte Wärmedämmung) notwendig. Der gesamte verfahrenstechnische Ansatz bis hin zur Steuerung des Kompostierungsvorganges ist zur Intensivrotte tierischer Exkremente geeignet, aber auch für die Anwendung bei anderen organischen Reststoffen denkbar. Durch weitere Ergänzungen der Meß- und Regeltechnik ist eine rechnergestützte Überwachung und Steuerung des Rotteprozesses zur Reduzierung der Geruchs- und Schadgasemissionen bei gleichzeitig sicherer Hygienisierung möglich.

Literatur:

CSEHI, K.; (1993): Kompostierung aus Flüssigmist abgetrennter Feststoffe - Einfluß des Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnisses auf Ammoniakemissionen und Kompostqualität. Diplomarbeit, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim.

HENTSCHEL, A..; (1993): Kompostierung von Feststoffen in einem belüfteten Rottereaktor unter besonderer Berücksichtigung der Rottevorgänge und der Ammoniakemissionen. Diplomarbeit, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim.

KÄCK, M.; J. BECK; T. JUNGBLUTH (1994): Low Emission Dairy Waste Management by separating and Composting. in: Proceedings of the 3rd Int. Dairy Housing Conference, Orlando, Florida; Hrsg: ASAE, St. Joseph, USA.

Einflüsse auf das Entmischungsverhalten, Abbauvorgänge und Stickstoffverluste von Flüssigmist während der Lagerung

Thomas Amon[1], Josef Boxberger[1], Andreas Gronauer[2] und Stefan Neser[2]

Einleitung, Problemstellung und Ziel

Der Nährstoffzusammensetzung des Flüssigmistes sowie dem Trockensubstanz- und Kohlenstoffgehalt kommt für den anaeroben Abbau während der Lagerung besondere Bedeutung zu. Der Trockensubstanzgehalt von Rinderflüssigmist liegt in der Praxis im Durchschnitt zwischen 7,6 % und 9,0 %. Schweineflüssigmist weist einen etwas geringeren TS-Gehalt von 6,9 % auf (WIMMER, 1992; MENZI, 1992; RUPPERT et al., 1995). Dabei können erhebliche Abweichungen von den ermittelten durchschnittlichen Nährstoffgehalten auftreten.

Von TS- (TS-Gehalt > 4 %) und C-reichem Flüssigmist gehen technische und pflanzenbauliche Nachteile aus. Während der Lagerung sind Stoffabbauraten und damit die Gefahr der Emission klima- und ökosystemrelevanter Gase (NH_3, CH_4, CO_2) erhöht (WEDEKIND, 1971; HARTUNG UND PHILIPS, 1994; KOLENBRANDER, 1953). Vor dem Ausbringen muß Flüssigmist verstärkt gemischt werden (HÜBENER, 1985). Der Energieaufwand für Misch- und Behandlungsmaßnahmen steigt (ISENSEE et al., 1983). Gasförmige Stickstoffverluste könnten durch Mischvorgänge gefördert werden. TS-reicher Flüssigmist macht den Einsatz technisch aufwendiger Verteilorgane erforderlich. Während der Ausbringung nimmt die Verteilgenauigkeit mit Zunahme des TS-Gehaltes im Flüssigmist ab (GRIESER, 1994).

Nach der Ausbringung läuft TS-reicher Flüssigmist langsamer von den Pflanzen ab und sickert nur verzögert in den Boden ein. Das führt zu erhöhten Ammoniakemissionen nach der Ausbringung (BEUDERT et al., 1988; DÖHLER, 1988; HUBER u. AMBERGER, 1990; PAASS, 1993; RANK, 1987). Hohe Kohlenstoffgehalte im Flüssigmist verstärken die Stickstoffimmobilisation im Boden. Dadurch wird die Denitrifikation (N_2O) und Stickstoffimmobilisation gefördert und damit die Düngerwirkung verschlechtert (VILSMEIER u. GUTSER, 1990; GUTSER u. DOSCH, 1994).

Im Bereich der Lagerung unterliegt Flüssigmist einem anaeroben mikrobiellen Abbau.

[1] Dipl.-Ing. T. Amon, O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dr. J. Boxberger, Universität für Bodenkultur, Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Peter-Jordanstraße 82, A-1190 Wien

[2] Dr. A. Gronauer, Dipl.-Ing. S. Neser, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttingerstraße 36, 85354 Freising

Auf die Abbauvorgänge kann durch die Wahl bestimmter Behandlungsverfahren (z.B. Mischen, Separieren, Biogas) direkt und gezielt Einfluß genommen werden. Die Lagerdauer und Umweltparameter wie z.B die Temperatur (Jahreszeit) beeinflussen die Umsetzungsprozesse zusätzlich. Als wesentlicher stofflicher Einfluß auf Abbauraten wirken der Trockensubstanz- und der Kohlenstoffgehalt des Flüssigmistes, insbesondere dann, wenn übrige Milieubedingungen (pH-Wert > 7,5, Temperatur > 12°C) für den anaeroben mikrobiellen Abbau günstig sind.
Im Bereich des Pflanzenbaues werden Einflüsse der Trockensubstanz und des Kohlenstoffes auf die Düngewirkung und die Stickstoffeffizienz zur Zeit untersucht (GUTSER u. DOSCH 1994). Im Bereich der Lagerung liegen Erkenntnisse aus praxisnahen Untersuchungen zum Einfluß der Trockensubstanz und des Kohlenstoffgehaltes auf das Abbauverhalten, Stoffverluste und das Entmischungsverhalten noch nicht vor. Zur Schließung der bestehenden Wissenslücken sind deshalb für den Bereich der Lagerung praxisnahe Untersuchungen durchzuführen.
Das Ziel der Untersuchung liegt in der Ermittlung des Einflusses von Trockensubstanz- und Kohlenstoffgehalt auf das Ausmaß von Stoffabbauraten, von Entmischungsvorgängen und Stickstoffverlusten während der Lagerung des Flüssigmistes sowie die Bestimmung des optimalen Zeitpunktes für Behandlungsmaßnahmen im Verfahrensablauf. Aus den Ergebnissen können praktische Maßnahmen zur Verbesserung technologischer Eigenschaften und der Düngewirkung sowie zur Verringerung der Emission klima- und umweltrelevanter Gase aus Flüssigmistketten abgeleitet werden.

Material und Methoden

Der Versuchsaufbau war in zwei Bereiche geteilt. Untersuchungen des Entmischungsverhaltens wurden in 18 Sedimentationsbehältern, Untersuchungen des Abbauverhalten in 18 Spanndeckelfässern à 250 l Fassungsvermögen durchgeführt (Abb. 1). Zur Beprobung und Wägung wurden die Behälter mit einem Frontlader und Zange aus dem Wasserbad gehoben und die Masse mit Hilfe einer Wiegezelle bestimmt. Aus den Behältern mit Gasverschluß wurde nach intensiven Mischen Proben zur Inhaltsstoffanalyse gezogen.
Die Behälter mit Verbindung zu Gaswaschflaschen blieben während des gesamten Vesuches unbeeinflußt und verschlossen. Zur Bestimmung der Stickstoffverluste waren diese Behälter mit Säurefallen verbunden.

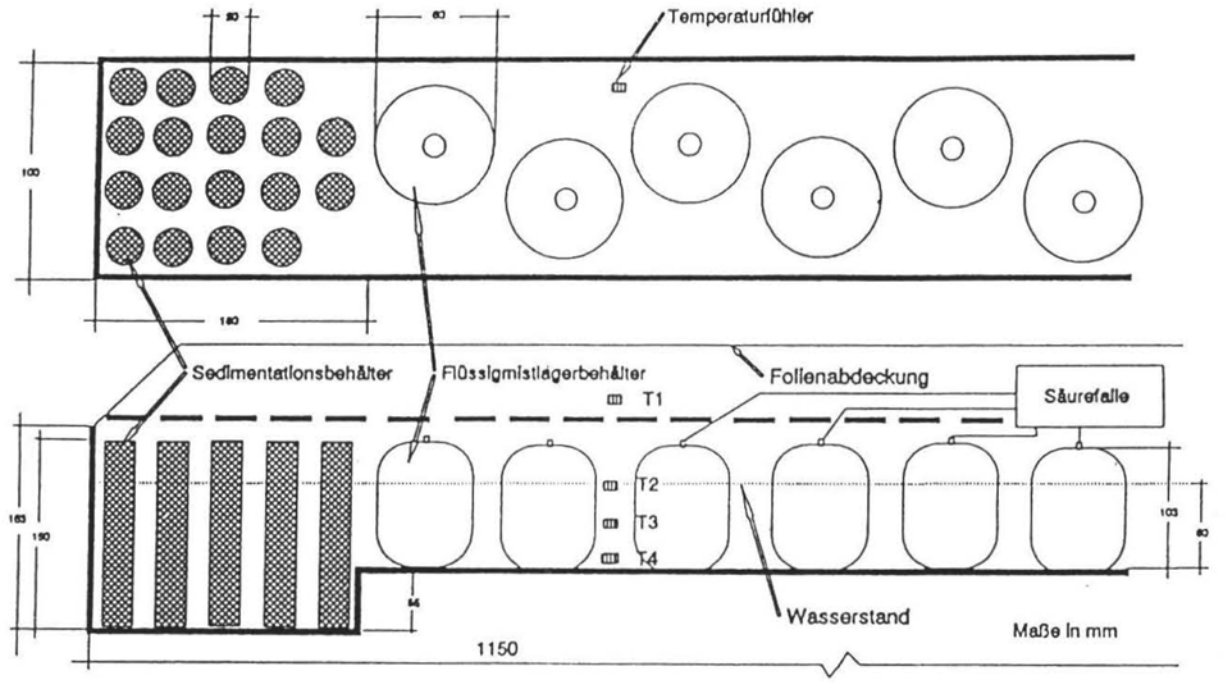


Abb. 1 Versuchsaufbau

Die Temperatur wurde sowohl in der Gasphase des Lagerbehälters (T_1) als auch in drei Höhenstufen im Wasserbad (T_2-T_4) erfaßt. Der Lagerbehälter war mit Holzbohlen und einer zusätzlichen Folie abgedeckt. Die Versuchsanlage kann als praxisnah angesehen werden, weil das Gesamtvolumen des Behälters mit ca. 25 m^3 so groß ist, daß Randeinflüsse, die von einzelnen Versuchsbehältern ausgehen könnten, durch das Wasserbad egalisiert werden. In einem einjährigen Vorversuch wurden die Fragen zum repräsentativen Charakter der Versuchsanlage geprüft (BOXBERGER et al. 1993).

Das Abbau- und Entmischungsverhalten wurde in einer Blockanlage (SACHS 1993) über den Zeitraum eines Jahres systematisch ermittelt. Die untersuchten fixen Einflußfaktoren waren Flüssigmistart, Trockensubstanzgehalt, Mischaktivität Lagerdauer, sowie die Temperatur als zufälliger, jahreszeitlicher Einfluß (Flüssigmistarten: Milchvieh, Rindermast, Schweinemast, TS-Gehalt in 3 Stufen).

Der Trockensubstanzgehalte wurde durch Abtrennung bzw. Zusatz von Feststoffen gezielt eingestellt. Durchschnittlich alle 14 Tage wurde die Massenveränderung erfaßt. Alle vier Wochen wurden Nährstoffproben entnommen. Dazu wurden die betroffenen Behälter intensiv gemischt.

Als Zielgrößen wurden bestimmt: Massenverlust [g/t/d], Nährstoffgehalt (TS, C_t, N_t, NH_4, pH-Wert, Asche) [kg/m^3 in der Frischmasse], Stickstoffverlust [mg NH_3-NH_4-N/t N_t/d] und Variabilität/Homogenität der Nährstoffverteilung als Abweichung vom Mittelwert [kg/m^3 bzw.%].

Ergebnisse

Massenabbau - Je höher der Trockensubstanzgehalt im Flüssigmist ist, desto intensiver ist der mikrobielle Abbau. Bei Schweineflüssigmist ist ein tendentieller Einfluß erkennbar. Bei Rinderflüssigmist ist der Einfluß der Trockensubstanz auf die Abbauintensität hoch signifikant (Tab. 1).

Tab. 1: Abbauraten verschiedener Flüssigmistarten bei unterschiedlichemTrockensubstanzgehalt

TS-Stufe	durchschnittliche Abbauraten verschiedener Flüssigmistarten [g/t/d]		
	Mastschweine	Michchvieh	Mastvieh
I	38 [a)]	15 [a)]	60 [a)]
II	40 [a)]	18 [a)]	107 [b)]
III	52 [b)]	50 [b)]	143 [b)]
n	77	74	74
P	0,0362	0,0000	0,0008
	TS I = 29,9 [kg/m^3] TS II = 36,1 [kg/m^3] TS III = 51,9 [kg/m^3]	TS I = 11,5 [kg/m^3] TS II = 12,2 [kg/m^3] TS III = 39,1 [kg/m^3]	TS I = 44,7 [kg/m^3] TS II = 75,2 [kg/m^3] TS III = 119,5 [kg/m^3]

Student-Newman-Keuls-Test; α = 5 %; Lagerdauer = 365 d

***: $P \leq 0.001$ ** $0.01 \geq P > 0.001$ * $0.05 \geq P > 0.01$

Durch Mischvorgänge sind Abbauraten leicht aber nicht signifikant erhöht. Dieser Sachverhalt gilt für alle im Versuch stehenden Flüssigmistarten. Es ist daher davon auszugehen, daß von dieser Seite aus kein zusätzliches Potential für erhöhte Stoffverluste aus Flüssigmistketten während der Lagerung ausgeht.

Zur Ermittlung des Zeitraumes, in dem umwelt- und klimarelvante Gase während der Lagerung verstärkt gebildet werden können, kann aus dem Verlauf der Abbauintensität abgeleitet werden. Höchste Abbauraten treten zu Beginn der Lagerung auf. Die Hauptabbauphase liegt im Zeitraum von Beginn bis etwa zum 80sten Lagertag. Im Verlauf der Lagerung nimmt die Abbaurate von 240 g/t/d auf ca. 60 g/t/d bei gleichzeitig sinkender Temperatur kontinuierlich ab. Nach 200 Tagen Lagerzeit ist die Abbaurate konstant. In diesem Zeitraum ist der Abbau vom Temperatureinfluß überlagert. Nach Wiederanstieg der Temperatur im Frühjahr verbleibt die Abbaurate auf niedrigem Niveau. Dies deutet darauf hin, daß in diesem Zeitraum ein Großteil der abbaubaren organischen Substanz auch tatsächlich abgebaut worden ist. Danach findet unab-

hängig von der Temperatur weiterhin ein konstanter Abbau auf niedrigem Niveau (60 g/t/d) statt. Diese Zusammenhänge sind prinzipiell für alle Flüssigmistarten gültig.

Stickstoffverluste - Durch den mikrobiellen Abbau wird ein Teil des organisch gebundenen Stickstoffes in Ammonium umgewandelt. Je nach vorliegendem pH-Wert gelangt ein mehr oder weniger großer Teil davon in die Gasphase und entweicht. Der Verlauf der Abbauraten zeigt ein ähnliches Bild wie die Masseabbauraten (Abb. 2).
Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, daß die Gefahr von Stickstoffverlusten während der Hauptabbauphasen größer ist als in späteren Zeiträumen. Generell sind bei höherem TS-Gehalt und Abbaubarkeit der organischen Substanz höhere Verlustraten zu erwarten. Insbesondere dann, wenn andere für den anaeroben Stoffabbau und für die Neubildung verlustgefährdeter Stoffe (CH_4, NH_3) wichtige Einflußgrößen wie pH-Wert (pH > 8,2) und Temperatur (> 12 °C) gegeben sind. In vorwiegendem Falle lag der pH-Wert von Schweine-, Milchvieh- und Mastviehflüssigmist bei pH 8,07 - 8,26; 8,19 - 8,42; bzw. 8,20 - 8,37. Bei höheren pH-Werten würden die Ammoniakverluste erheblich ansteigen.

Für die pflanzenbauliche Wirkung des Flüssigmistes ist das C/N-Verhältnis bedeutsam. Je enger es ist, desto besser kann Flüssigmist zur Düngung mineraldüngeräquivalent eingesetzt werden.
Durch den mikrobiellen Abbau wird das C/N-Verhältnis von trockensubstanzreichem Flüssigmist im Zeitraum von 220 Tagen von 12 auf 6 verengt (Abb. 3). Durch die Abtrennung von Feststoffen zu Beginn der Lagerung wird ein C/N-Verhältnis von 6 erreicht. Nach 220 Tagen liegt bei feststoffreduziertem Flüssigmist das C/N-Verhältnis bei zwei. Durch die Kombination gezielter Behandlungsverfahren (Biogas oder Separierung) mit natürlichen Abbauvorgängen wird ein C/N-Verhältnis erreicht, wie es für Jauche typisch ist. Eine mineraldüngeräquivalente Anwendung des Flüssigmistes wird dadurch in sehr hohem Maße möglich.
Zwischen dem Trockensubstanz- und Kohlenstoffgehalt des Flüssigmistes bzw. zwischen dem Trockensubstanz und Gesamtstickstoffgehalt bestehen signifikante Zusammenhänge (C_t [kg/m^3] = - 0,940 + 0,320 * ln TS [kg/m^3]; B = 0,948 bzw. N_t [kg/m^3] = - 0,753 + 1,070 * ln TS [kg/m^3]; B = 0,778). Damit kann der Trockensubstanzgehalt des Flüssigmistes als einfach zu bestimmende und sichere Indikatorgröße für den Kohlenstoff- bzw. den Gesamtstickstoffgehalt im Flüssigmist herangezogen werden. Zur Schätzung des Kohlenstoff- und Stickstoffgehaltes von Flüssigmist in der Praxis wäre deshalb die Entwicklung entsprechender Schätzgleichungen sinnvoll.

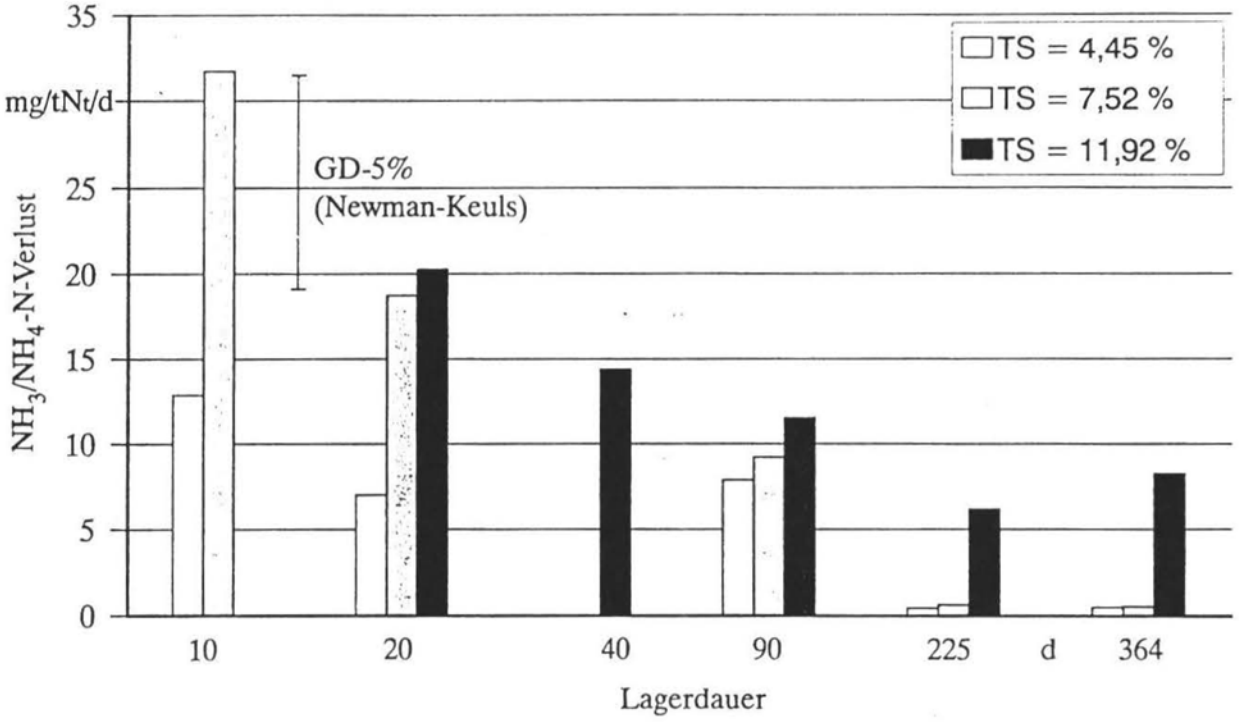


Abb. 2: Verlauf der Stickstoffverluste während der Lagerung von Bullenflüssigmist

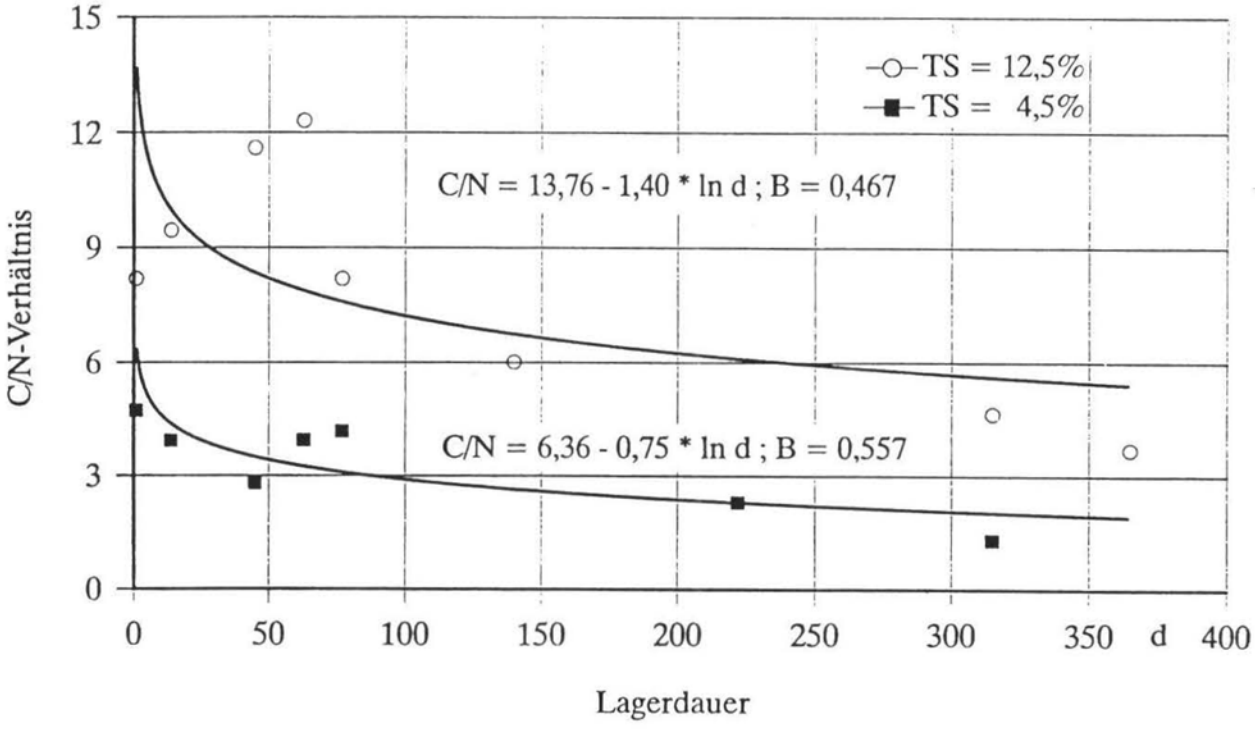


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Lagerdauer und C/N-Verhältnis von Mastvichflüssigmist

Entmischung - Die Geschwindigkeit und das Ausmaß von Entmischungsvorgängen zwischen festen und flüssigen Bestandteilen im Flüssigmist ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Zur Untersuchung des Entmischungsverhaltens wurde deshalb der Trockensubstanzgehalt als einfach bestimmbare und in den verschiedenen Teilbereichen wirksame Indikatorgröße herangezogen. Bei Schweineflüssigmist ist schon bei niedrigem Trockensubstanzgehalt von 36,1 kg/m^3 die Entmischung erheblich. Nach 156 Tagen war eine deutliche Zonierung des Stickstoffgehaltes in den einzelnen Höhenschichten zu beobachten. Aus den oberen Höhenschichten sinkt ein Teil des Stickstoffes in das Sediment. Abweichungen von bis zu 120 % vom Mittelwert treten auf. Schweineflüssigmist muß deshalb, um eine gleichmäßige Nährstoffverteilung auf den Feld zu gewährleisten, unabhängig vom vorliegendem Trockensubstanzgehalt vor der Ausbringung immer gemischt werden.

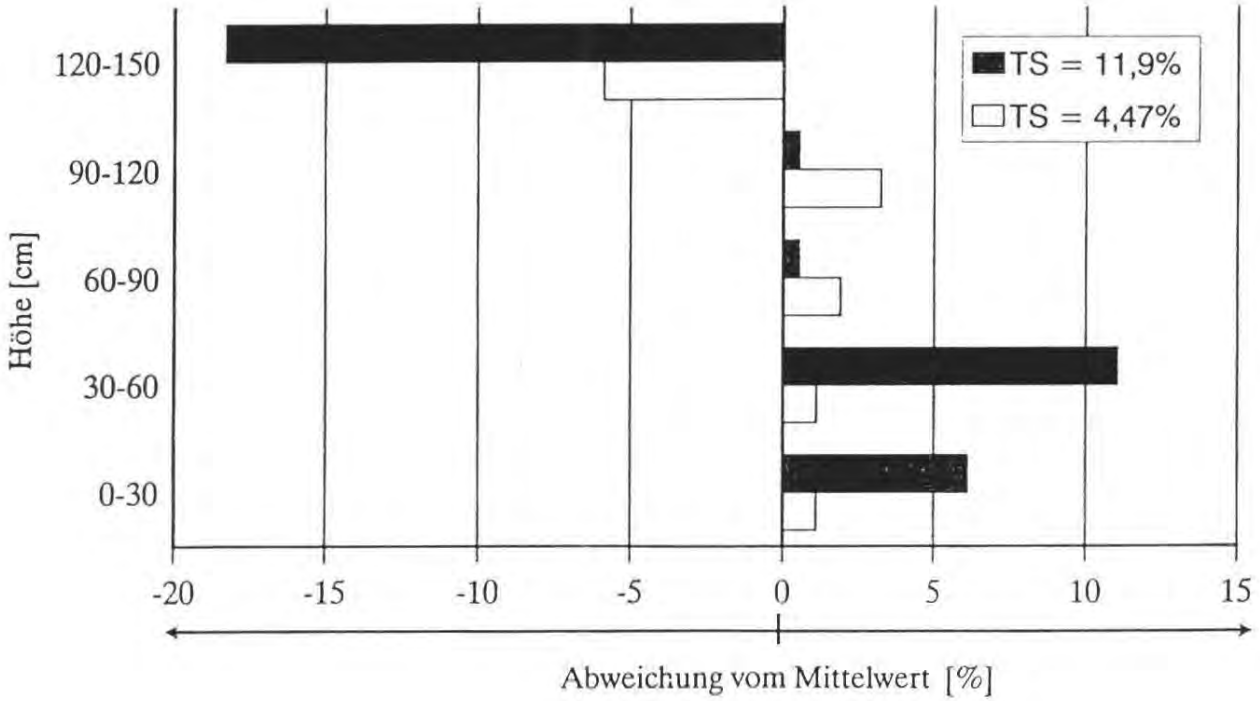


Abb. 4: Variation des Gesamtstickstoffgehaltes von Mastviehflüssigmist durch Entmischung

Bei Rinderflüssigmist fließt Stickstoff während der Lagerung aus den oberen Höhenschichten in untere Zonen ab. Bei trockensubstanzreichem Flüssigmist treten Spitzenabweichungen vom Mittelwert bis zu 18 % auf. Trockensubstanzarmer Flüssigmist (TS < 4 %) entmischt sich demgegenüber nahezu nicht mehr. Bis auf die Schwimmschicht liegen die Abweichungen deutlich innerhalb der 5 %-Schranke. Flüssigmist dieser Homogenität muß vor der Ausbringung nicht mehr gemischt werden, wenn als Homogenitätskriterium eine Abweichung von ± 5 % vom Mittelwert zugelassen wird.

Literaturverzeichnis

BEUDERT, B.; DÖHLER, H.; ALDAG, R. (1988): Ammoniakverluste aus mit Wasser verdünnter Rindergülle im Modellversuch. Schriftreihe 28, VDLUFA, Kongreßband Teil II.

BOXBERGER, J. (1992): Neue Techniken zum umweltgerechten und wirtschaftlichen Einsatz von mineralischen und organischen Düngern - Bedeutung - Lösungsansätze - Folgen. Landtechnikschrift 2, Landtechnik Weihenstephan, Freising,.

DÖHLER, H. (1988): Messung der Ammoniakemissionen nach der Gülleausbringung. Bayreuth,. Forschungsauftrag 86HS010. Abschlußbericht für das Projektjahr.

GRIESER, F. (1994): Flüssigmisttankwagen mit Schleppschlachverteiler. Landtechnik 49, 2, S. 65 - 66)

GUTSER, R.; DOSCH, P. (1994): Auch bei der Düngung sparen? Optimierter Einsatz von Gülle zu Mais schont die Umwelt und das Düngerkonto. In Mais, Nr.2, S. 58 - 61.

HARTUNG , J.; PHILIPS, V.R. (1994): Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. Journal of Agricultural Engineering Research, 57, S. 173 - 189.

HUBER, J. AMBERGER, A. (1990): Ammoniakverluste unter verschiedenen Anbaumethoden. Landtechnik-Schrift 1, Landtechnik Weihenstephan, Freising.

ISENSEE, E.; STRAUCH, D.; BLANKEN, G. (1983): Flüssigmistseparierung. In Technik und Hygiene der Flüssigmistbehandlung Darmstadt, KTBL, Hrsg.; S. 26-41.

MENZI, H. (1991): Neue Richtwerte für Hofdünger: Aktueller Stand und Konsequenzen. Arbeitsbericht, Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Bern-Liebefeld, Schweiz.

NESER, ST. (1994): Einfluß des Trockensubstanzgehaltes und der Flüssigmistbehandlung auf Entmischung, Abbau und Nährstoffverluste während der Lagerung verschiedener Flüssigmistarten, Diplomarbeit, Technische Universität München, Institut für Landtechnik.

PAASS, F. (1993): Ammoniakemissionen nach Gülledüngung auf Grünland. Dissertation, Reinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

RANK, M. (1987): Untersuchungen zur Ammoniakverflüchtigung nach Gülledüngung. Dissertation, Technische Universität München-Weihenstephan, Freising.

RUPPERT, W. (1985): Daten und Informationen zum Gülleeinsatz in der Landwirtschaft. Sonderdruck aus Bayerisches landwirtschaftliches Jahrbuch 62, 8, S.900-996.

SACHS, L. (1992): Angewandte Statistik, 7. Auflage. Springer-Verlag, Berlin.

VILSMEIER, K.; GUTSER, R. (1989): Festlegung von Düngerstickstoff auf verschiedenen Böden. VDLUFA-Schriftreihe 28.

WEDEKIND, P.; UND KÜHN, G.(1971): Über Substanz- und Nährstoffverluste bei der Lagerung von Gülle und ihren festen und flüssigen Komponenten. Archiv Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenproduktion 15, 11.5, S. 333-343.

WIMMER, P.S. (1992): Streuungsursachen der Zusammensetzung von Rindergüllen auf Praxisbetrieben und Vorschläge für multivariate Schätzverfahren. Dissertation, Technische Universität München-Weihenstephan, Freising.

Untersuchung eines auf Bodenfilterung basierenden Güllereinigungsverfahrens

György Mészáros, László Fenyvesi, Barnabás Kuli und László Mátyás[1]

Zusammenfassung

Wegen der von der Gülle verursachten Umweltbelastungen machen in einzelnen Fällen die Betriebsbedingungen der Schweinehaltungsanlagen eine Reinigung der Gülle notwendig. Zu diesem Zweck sollten einfach gestaltete Verfahren mit niedrigem Investitionsaufwand, aber mit gutem Wirkungsgrad angewendet werden.

Im Laufe unserer Forschungs - und Entwicklungsarbeit hatten wir uns das Ziel gesetzt, ein mit Vorfilterung kombiniertes Bodenfilter zu untersuchen. Wir haben im Anschluß an ein strohgefülltes Vorfilter ein 4stufiges Bodenfilter errichtet. Die Filtereinsätze der Bodenfilterbecken waren Holzspäne, Kies, Schotter und Sandboden. Das versuchsmäßige Reinigungssystem wurde täglich mit 2,5 - 5 m^3 vorgefilterter Gülle mit einem Trockensubstanzgehalt von 0,4 - 0,6 % belastet. Nach unseren Ergebnissen beträgt der summierte Filterungswirkungsgrad bezogen auf CSB 43 - 76 %, auf BSB_5 46 - 88 % und auf die gesamte Schwebesubstanz 58 - 99 %.

Vorgeschichte

Infolge der Privatisierung in Ungarn sind die Eigentümer der Schweinehaltungsanlagen und der in der Umgebung liegender landwirtschaftlichen Nutzflächen oft nicht die gleichen. Die Unterbringung der tagtäglich anfallenden Gülle dieser Anlagen bereitet dem Anlagenbetreiber echte Sorgen. Mangels einer Möglichkeit der unmittelbaren Nutzung belastet die Schweinegülle auch bei einer guten Vorreinigung (80 %) immer noch die Umwelt. Unter den verschiedenen Verfahren der Weiterreinigung der Schweinegülle wurde von uns die Bodenfilterung als Untersuchungsziel aufgrund eines südkoreanischen Versuches gewählt.

[1] Dipl.-Ing. G. Mészáros, Dr. L. Fenyvesi, Dr. B. Kuli und Dipl.-Ing. L. Mátyás, Institut für Landtechnik (FMMI) Tessedik S. u. 4. H-2101 Gödöllö/Ungarn

Zielsetzungen

Angestrebt wird ein auf Bodenfilterung basierendes Reinigungsverfahren, das folgende Anforderungen erfüllt:

- niedriger Wert des chemischen Sauerstoffbedarfes (CSB) in der gereinigten Flüssigphase,
- Nutzung der ausgefilterten Substanzen sowie des Filtermaterials,
- niedrige Kosten für Investition, Maschinen und Verfahren
- einfache, örtliche Realisierbarkeit,
- sicherer Einsatz ohne spezielle Fachkenntnisse.

In unserer Kalkulationen rechneten wir bei der Vorfilterung mit einem Wirkungsgrad von 80 % und bei den Bodenfiltern aufgrund der südkoreanischen Ergebnissen mit einem durchschnittlichen Filterwirkungsgrad von 60 %.

Demnach betragen die CSB-Werte der Rohgülle		15 000 mg/l
die der vorgefilterten Gülle		3 000 mg/l
nach dem	1. Becken	1 200 mg/l
	2. Becken	480 mg/l
	3. Becken	190 mg/l
	4. Becken	80 mg/l

Untersuchungsbedingungen

Die Bodenfilteranlage zur Güllereinigung wurde neben einer Schweinehaltungsanlage mit Schwerkraftentmistung erstellt. Bei der Auswahl war eine Vorbedingung, daß bereits eine Einrichtung für die Vorfilterung mit einem Wirkungsgrad von mindestens 70 bis 80 % vorhanden ist. An der ausgewählten Schweinehaltungsanlage sind Filterbekken mit Stroheinsätzen in Betrieb. Die versuchsmäßigen, 4stufigen Bodenfilterbecken wurden aufgrund der Pläne unseres Institutes Ende Juni 1994 fertiggestellt.

Die Untersuchungen wurden in den Monaten Juli - September vorgenommen. Dabei wurden fünfmal Proben für Laboruntersuchung aus der in das Becken 1 eingeführten, vorgefilterten Gülle und aus den heraustretenden Filtraten der einzelnen Becken genommen. Die Probenentnahmestellen zeigt Abb.l.

Gestaltung der Filterbecken

Von den 4stufigen, in Reihe geschalteten Becken befindet sich das erste über dem Bodenniveau, die anderen sind im Boden. Der Längsquerschnitt der versuchsmäßigen Bodenfilterungsbecken ist in Abb. 1 veranschaulicht.

In die 20 cm hohe grobe Kiesschicht im Beckenboden wurde in der Längsachse des Beckens ein Drainrohr verlegt. Im Annahmebecken befinden sich über der Kiesschicht 60 cm Holzspäne und 20 cm Schotter. In den anderen Becken gibt es keine Holzspäne, nur Schotter und Sandboden (Abb.2).

Die Nettogrundflächen der Becken sind folgende:

Becken 1.:	26 m^2
2.:	26 m^2
3.:	17 m^2
4.:	11 m^2
Insgesamt:	80 m^2

Auf die Filterfläche des ersten (Annahme-) Beckens wird die vorgefilterte Schweinegülle mittels Tankwagen aufgefüllt. Zu den Filtereinsätzen der nachfolgenden Becken fließt die gefilterte Flüssigkeit durch die verlängerten Drainrohre der vorangehenden Becken durch Schwerkraft ab.

Ergebnisse

Die Kennwerte der Schweinegülle waren die folgenden:

Trockensubstanz insgesamt	0,8 - 1 %
Schwebesubstanz insgesamt	0,3 - 0,4 %
chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	8300 - 11500 mg/l
biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)	4000 - 4500 mg/l

Der Reinigungswirkungsgrad des mit Stroh befüllten Vorfilters machte in Bezug zu den einzelnen Kennwerten 30 - 80 % aus. Von der vorgefilterten Gülle wurden täglich 2,5 - 5,0 m^3 in das erste Filterbecken gefüllt. Dies bedeutete eine spezifische Filterbelastung von 0,1 - 0,2 m^3/m^2, was einem täglichen Stau von 100 - 200 mm entspricht.

Leibniz-Institut für Agrartechnik
und Bioökonomie e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam
www.atb-potsdam.de

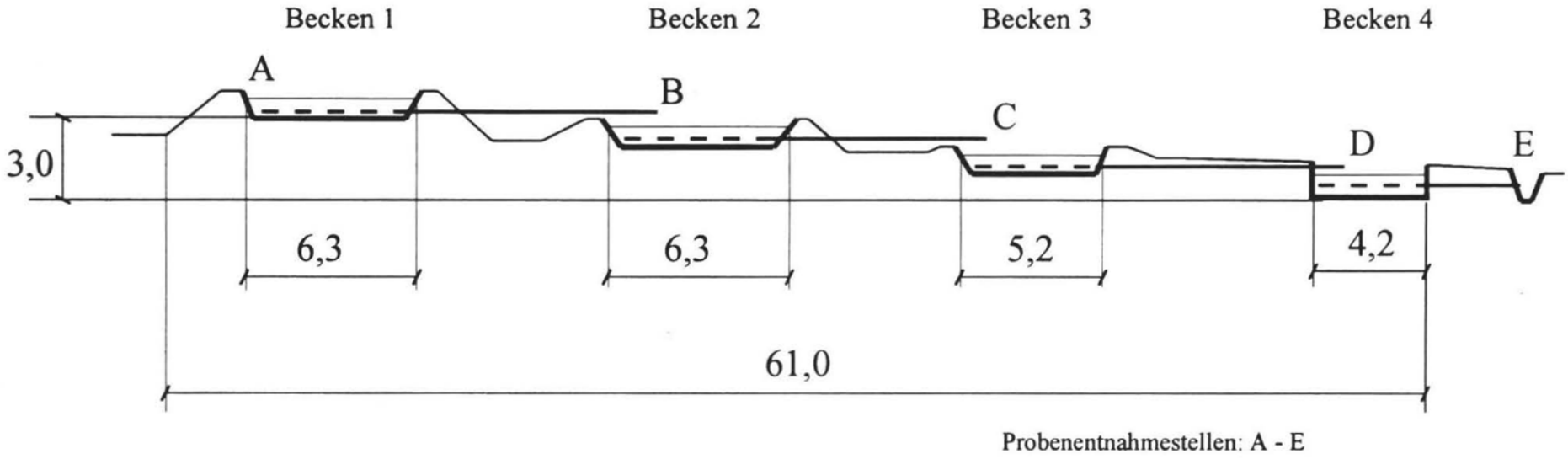


Abb. 1: Längsschnitt der Filterbecken

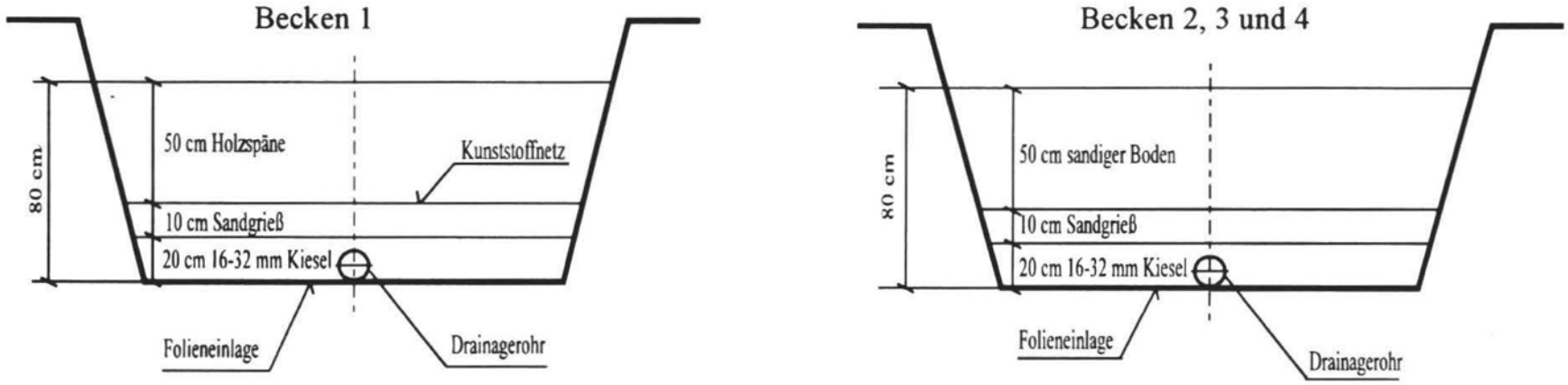


Abb. 2: Beckenquerschnitte mit dem Filtereinsatz

Die Wirkung der einzelnen Filterstufen wird aufgrund der Probenentnahme vom 2. August in Abb. 3 aufgezeigt. Aus den Meßpunkten und Kurven ist ersichtlich, daß der CSB-Wert der dem Filter zugeführten Gülle höher als geplant war und daß auch die sonstigen Kennwerte schlechter waren. Alle Kennwerte wurden am stärksten im Filterbecken 1 reduziert und im weiteren immer weniger.

Die Werte des Filterwirkungsgrades wurden je Probenentnahme in der Tabelle 1 zusammengefaßt. Der Filterwirkungsgrad des Bodenfilter-Systems veränderte sich auf CSB bezogen zwischen 43 - 76 %, auf BSB_5 bezogen zwischen 46 - 88 % und auf die gesamten Schwebesubstanzen bezogen zwischen 58 - 99 %. Diese Daten wurden in Abb. 4 auch in Form eines Diagrammes dargestellt.

Tabelle 1: Filterwirkungsgrad der Bodenbecken

Zeitpunkt der Probenentnahme	Gesamtwirkungsgrad in %				
	CSB	BSB_5	Trocken-substanz insges.	Schwebe-substanz insges.	Gelöste organische Stoffe
06. 07.	75,6	69,7	28,8	89,7	-
02. 08.	75,6	88,0	40,1	89,4	29,9
17. 08.	55,9	71,6	73,7	99,5	31,4
07. 09.	43,1	75,6	26,0	89,4	-
20. 09.	49,1	45,6	21,6	58,1	17,0
Durchschnitt	58,1	69,8	34,9	82,8	23,2
Durchschn. Filter-wirkungsgrad des Stroh-Vorfilters	51,7	29,8	56,8	80,3	36,7

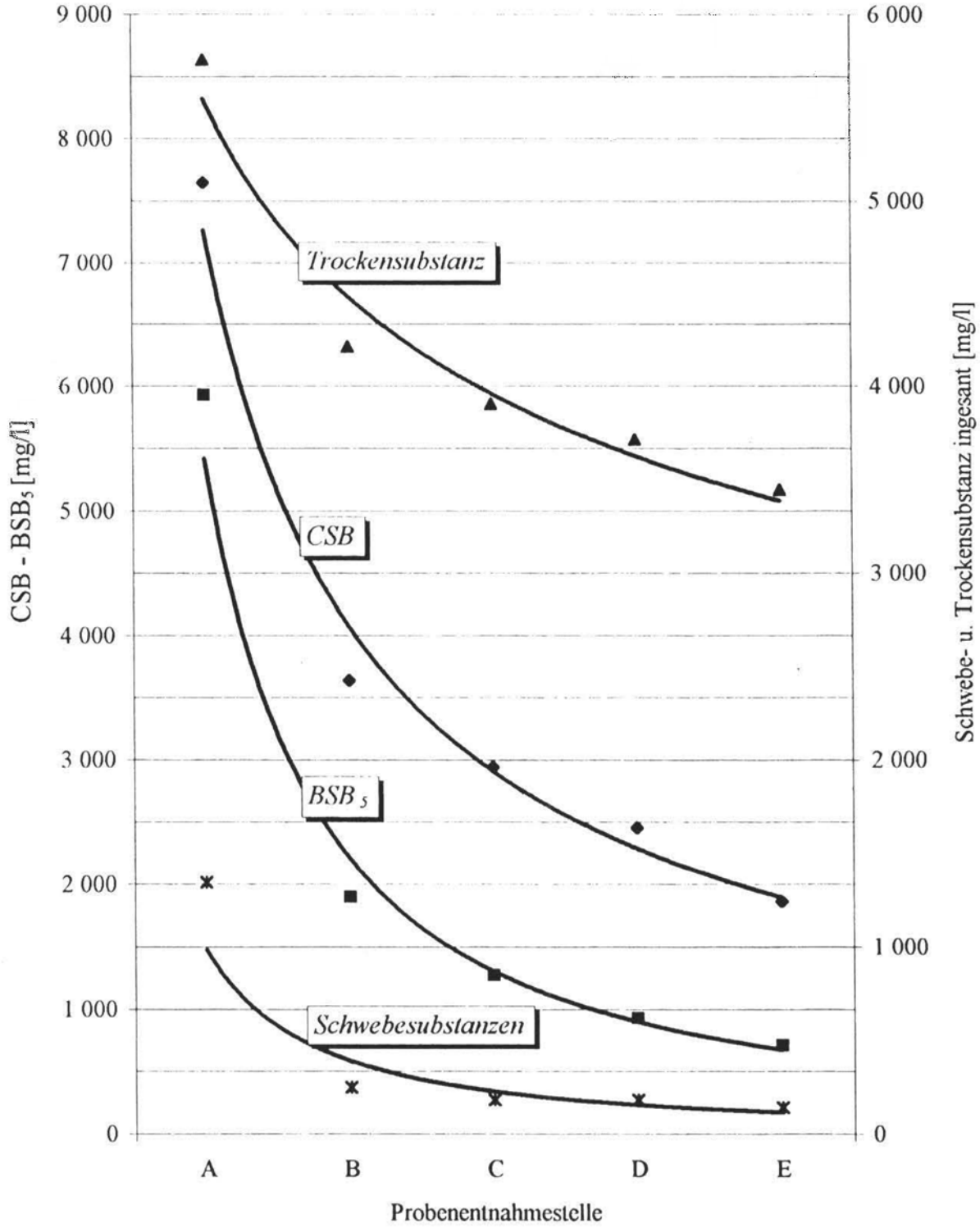


Abb. 3: Veränderung der Parameter des Filtrates bei der Probenentnahme am 02.08.1994

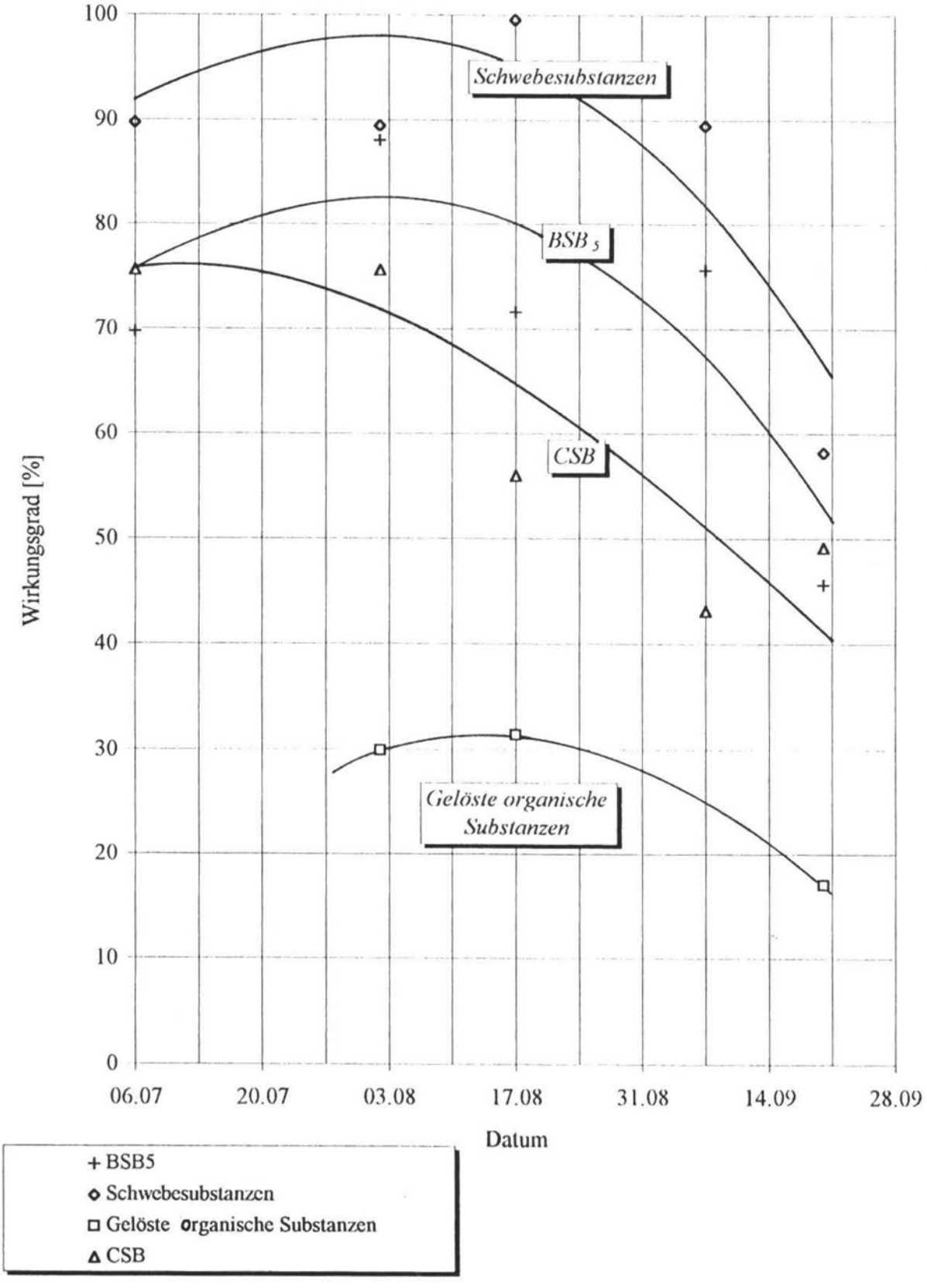


Abb. 4: Verlauf des Filterwirkungsgrades im Laufe des Versuches

Auswertung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

In Auswertung der Ergebnisse unsere Schlußfolgerungen: Die Untersuchungen brachten keinen hunderprozentigen Erfolg. Die nach der Filterung gewonnene Gülle kann nur durch Beregnung landwirtschaftlich verwertet werden. Nicht zuletzt deshalb, weil die anfangs in der Schweinehaltungsanlage angewandte Entmistungstechnologie mittels Wasserspülung im Interesse der Reduzierung des Wasserverbrauches geändert wurden. Deshalb nahm der Gesamtgehalt an gelösten organischen Substanzen den 2- bis 3fachen Wert der früheren Werte an. Der hohe Gehalt an gelösten Stoffen beeinflußte von vornherein ungünstig den Wirkungsgrad der Vorfilterung und damit auch den der Bodenfilter. Die hohen CSB- und BSB_5-Werte der gelösten organischen bzw. Gesamtsubstanzen können durch physikalische Methoden nicht genügend reduziert werden, so daß eine Gülle mit den obigen Kennwerten mittels Bodenfilterung nicht mit gutem Wirkungsgrad gereinigt werden kann.
Der Wirkstoffgehalt der Gülle ist aber wesentlich niedriger als der des Ausgangsmaterials, so daß die Belastbarkeit des Bodens in jedem Fall erhöht werden kann. Die zum Ziel gesetzten Werte des chemischen Sauerstoffbedarfes können nur erreicht werden,

- falls die Gülle aus den Güllekanälen der Ställe jeden Tag entfernt wird, damit ihr Gehalt an gelösten Substanzen nicht zunimmt,
- der gesamte Trockensubstanzgehalt der vorgefilterten und dem Bodenfilter zugeführten Gülle nicht über 3000 mg/l und der Gehalt an gelösten organischen Stoffen nicht über 1000 mg/l liegt,
- keine Tonerde in den Filtereinsatz gelangt,
- die zu filternde Gülle auf der gesamten Oberfläche des Filtereinsatzes gleichmäßig verteilt werden kann.

Es wird erwartet, daß bei den geplanten neuen Untersuchungen, bei denen diese Vorbedingungen eingehalten werden, bereits ein vorflutfähiges Material erzeugt werden kann, dessen CSB-Grenzwert in Ungarn um 80 bzw. in einzelnen Fällen bei 100 mg/l liegt.

Elektronische Erkennungssysteme - Umsetzung der Standards und Ergänzungen der Normen für beschreibbare, sensorbestückte Transponder

Rudolf Artmann[1]

Einleitung

Die Entwicklung elektronischer Erkennungssysteme für Tiere eröffnete neue Wege zur Automatisierung in der Tierhaltung. Einer breiten Anwendung von Transponderohrmarken, mehr aber noch von Injektaten, steht die bisher noch firmenspezifisch festgelegte Arbeitsweise der elektronische Erkennungssysteme im Wege. Der KTBL-Arbeitsgruppe „Identifikation" und den Aktivitäten der Niederländer ist es zu verdanken, daß eine Arbeitsgruppe (WG3)[2] innerhalb von ISO/TC23/SC19[3] zur weltweiten Standardisierung von elektronischen Erkennungssystemen eingerichtet wurde.
Mittlerweile liegt ein erster Standarf (ISO 11784, 1991) vor, der die Einmaligkeit einer Tiernummer weltweit sicherstellen kann. Die Vorlage für den zweiten Standard, der das technische Konzept beschreibt (ARTMANN, 1994), wurde in einer ersten Abstimmung von den beteiligten Ländern knapp abgelehnt. Der wesentliche Grund liegt im geänderten Geltungsbereich der Standards. Wurde bei der Ausarbeitung davon ausgegangen, daß die Standards ausschließlich für landwirtschaftliche Nutztiere gelten sollen, so wurde auf der letztjährigen Sitzung von ISO/TC23/SC19 beschlossen, den Geltungsbereich auf **alle** Tiere auszudehnen. Die fehlende schriftliche Fixierung des erweiterten Geltungsbereiches und die Befürchtung, daß die bereits im Einsatz befindlichen elektronischen Erkennungssysteme nicht mehr lesbar wären, führten offenbar zur Ablehnung.
Durch intensive Zusammenarbeit aller an der Tierkennzeichnung interessierten Gruppen wurde mittlerweile ein Konsens erreicht und in die Papiere für die beiden Standards eingearbeitet. Auf der letzten Sitzung des ISO/TC23/SC19 am 28.02.1995 wurde beschlossen, diese Papiere als ISO/DIS 11784 (1995) bzw. ISO/DIS 11785 (1995) den beteiligten Ländern zur Abstimmung zuzustellen. In ihrer künftigen Arbeit befaßt sich die WG3 mit der Standardisierung von elektronischen Erkennungssystemen mit beschreibbaren und/ oder sensorbestückten Transpondern.
In diesem Beitrag wird zuerst aufgezeigt, wie die Standards spezifiziert sind und welche Wege zur Umsetzung beschritten wurden. Im nächsten Kapitel werden Konzepte zur Normung des Informationsinhaltes des Anhangs von ISO/DIS 11785 (1995) und

[1] Dipl.-Ing. agr. R. Artmann, Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

[2] WG3 = Arbeitsgruppe 3, zuständig für „Traktoren, Land- und Forstmaschinen"

[3] ISO = Internationale Organisation für Standardisierung
TC23 = Technisches Komitee 23, zuständig für „Traktoren, Land- und Forstmaschinen"
SC19 = Unterkomitee 19, zuständig für „Elektronik in der Landwirtschaft" (Sekretariat bei der Normengruppe Landmaschinen und Ackerschlepper NLA im LAV)

für beschreibbare und sensorbestückte Erkennungssysteme vorgestellt. Sie nehmen als Grundlage die bestehenden Vorlagen für die Standards und gewährleisten eine Kompatibilität der verschiedenen Ausbaustufen der Transponder.

Bisherige Festlegungen im Rahmen der Standardisierung

Ein wesentlicher Nachteil der bisher verfügbaren Erkennungssysteme ist deren Inkompatibilität. Sie stören sich gegenseitig und es ist nur mit einem unvertretbar hohen Aufwand möglich, ein Sende-Empfangs-Gerät zu bauen, das in der Lage ist, alle Transpondervarianten zu lesen. Ziel der bisherigen Standardisierung war es,

1. die Tiernummer weltweit einheitlich und eindeutig zu definieren und,
2. die Arbeitsweise der Erkennungssysteme so festzulegen, daß mit einer Sende-Empfangs-Einheit alle standardgemäßen Transponder herstellerunabhängig gelesen werden können.

Kodierung der Tiernummer (ISO 11784, 1994)

Für die Kodierung der Tiernummer **sind** drei Datenelemente definiert, die jeder Kode zur Identifizierung von Tieren enthalten muß, Tabelle 1.

Tab. 1: Struktur der Kodierung nach ISO 11784

Daten-element	Informationsinhalt	Bit-bereich	Anzahl (Bit)	Wertebereich
I	Tier (1); kein Tier (0)	1	1	0/1
	reserviert (derzeit ungenutzt)	-	14	0-16.383
	Transponderart	16	1	0/1
II	Länderkode	17-26	10	0-999
III	nationale Tiernummer	27-64	38	0 - 274.877.906.943

Datenelement I umfaßt 16 Bits, und ist der Unterscheidung von Anwendungsfeldern vorbehalten. Derzeit sind nur die Bits 1 und 16 definiert.

Bit 1 dient als Flagbit. Ist dieses Bit "1", so handelt es sich um einen Transponder, für die Kennzeichnung von Tieren.

Bit 16 ist auf "1" zu setzen, wenn nach der Tiernummer zusätzliche Nutzdaten folgen.

Tab. 2: Kode für die EG-Länder nach ISO 3166

Land	ISO-Kode		
	numerisch	alphabetisch	
Belgien	056	BE	BEL
Dänemark	208	DK	DNK
Deutschland	280	DE	DEU
Finnland	246	FI	FIN
Frankreich	250	FR	FRA
Griechenland	300	GR	GRC
Großbritannien	826	GB	GBR
Irland	372	IE	IRL
Italien	380	IT	ITA
Luxemburg	442	LU	LUX
Niederlande	528	NL	NLD
Österreich	040	AT	AUT
Portugal	620	PT	PRT
Spanien	724	ES	ESP
Schweden	752	SE	SWE

Die weltweit einheitliche und eindeutige Definition der Tiernummer wurde durch Kombination einer Kennung für das Land (Datenelement II, 10 Bit) und einer innerhalb des Landes eindeutigen Nummer für das Tier (Datenelement III, 38 Bit) gefunden.

Für die Kodierung der Länder kann auf ISO 3166 (1993), zurückgegriffen werden, Tabelle 2. In ISO 11784 (1994) ist festgelegt, daß der numerische Kode bei elektronischen Erkennungssystemen einzusetzen ist.

Für die Kodierung der Tiernummer sind 38 Bit spezifiziert, d.h. je Land stehen 274.877.906.944 verschiedene Kodes zur Verfügung. Wie diese Kodes verwendet werden, bleibt den einzelnen Ländern überlassen. Es obliegt ihnen, für die Eindeutigkeit der Tiernummern innerhalb des eigenen Landes zu sorgen. Über die Landesgrenzen hinweg ist die Eindeutigkeit durch den Länderkode gewährleistet.

Übergangsregelung: Herstellerkode statt Länderkode

Um den Einsatz der Erkennungssysteme schon jetzt zu ermöglichen, wird die Kompetenz der Nummernvergabe im Rahmen einer Übergangslösung den Herstellern übertragen. Diese Regelung soll solange Gültigkeit haben, bis die nationale Zuständigkeit für die Tiernummer geregelt ist.

In dieser Übergangsregelung wird kein Länderkode verwendet, sondern den Herstellern ein nach ISO 3166 (1993) zulässiger Kode zwischen 900 und 998 zugewiesen, der dann statt des Länderkodes in den Transpondern verwendet wird. Die Hersteller haben diesen Kode bei der ICAR[4] zu beantragen. Mit dieser Regelung ist sichergestellt, daß jetzt ausgelieferte Systeme mit späteren nach nationalen Festlegungen programmierten nicht kollidieren.

Nationale Umsetzung von ISO 11784

Diese ISO-Festlegungen haben bereits Eingang in die Neufassung der Viehverkehrsverordnung (VVVO, 1995) gefunden. Dies ist ein Verdienst der KTBL-Arbeitsgruppe „Logistik und Tieridentifikation" (Agru).

Abb.1: Gestaltungsvorschlag für eine Rinderohrmarke

Die VVVO legt in §19b fest, daß *Rinder* mit einer „nur einmal verwendbaren" Ohrmarke zu kennzeichnen sind und die Ohrmarkennummer „in Form eines alphanumerischen Codes von nicht mehr als 14 Zeichen" in „schwarzer Schrift auf gelben Grund" dargestellt sein muß. „Hierbei sind,

a) die ersten beiden Zeichen des Codes den Buchstaben „DE" (für Deutschland) vorbehalten und

b) die numerischen Zeichen so zu vergeben, daß jedes Rind eine in Deutschland einmalige Nummer erhält."

Eine 14stellige Tiernummer wirft sofort Fragen nach der Lesbarkeit und der Fehlerhäufigkeit bei der manuellen Übertragung einer so langen Kennung, beispielsweise bei der Milchleistungsprüfung, auf. Zur Verbesserung der Lesbarkeit von Ohrmarken hat die Agru den in Abbildung 1 gezeigten Vorschlag in die Beratungen zur Neufassung der VVVO (1995) erfolgreich eingebracht. Die Lesbarkeit der 12stelligen Tiernummer wird durch eine klare Struktur und durch die vergrößerte Darstellung der letzten 5 Stellen wesentlich verbessert. Die Hervorhebung der letzten 5 Stellen dient dem Zweck, diese als betriebsinterne Nummer zu nutzen. Diese Nummer kann im Bestand zwar mehrfach vorkommen, doch ist es durch Markierung dieser Tiere leicht mögich, diese zu erkennen und durch Erfassung der gesamten Nummer die Eindeutigkeit zu erhalten.

[4] ICAR = Internationales Komitee für Tier-Aufzeichnungen (Animal Recording)

Für die Kennzeichnung von *Schweinen* sieht die VVVO keine Einzeltier- sondern eine Betriebskennzeichnung mit einer „nur einmal verwendbaren" Ohrmarke vor. Dies gilt auch für Schafe und Ziegen. Diese Art der Kodierung ist in ISO 11784 (1994) bisher nicht vorgesehen. Die WG3 hat sich mit dieser Situation befaßt und eine Lösung diskutiert, jedoch die Entscheidung aufgeschoben, bis aus EU-Richtlinien klar wird, ob künftig eine Betriebskennzeichnung multinational erforderlich sein wird.

Standardisierung der Arbeitsweise (ISO/DIS 11785, 1995)

Ziel der Standardisierung elektronischer Erkennungssysteme ist es, deren Arbeitsweise so festzulegen, daß mit einer Sende-Empfangs-Einheit alle standardgemäßen Transponder herstellerunabhängig gelesen werden können, (ARTMANN, 1994). ISO/DIS 11785 (1995) beschreibt die dafür erforderlichen Festlegungen, Tabelle 4.

Tab. 4: Technische Parameter und Datenrahmen nach ISO/DIS 11785

Parameter	**Einheit**	**Voll-Duplex-System (FDX)**	**Halb-Duplex-System (HDX)**
Übertragung:			
Aktivierungsfrequenz	kHz	134,2	134,2
Modulation		Amplituden-Phasen- (AM-PSK)	Frequenz- (FSK)
Bitrate	Bit/s	4194	(1) 7762,5
	Bit/s		(0) 8387,5
Verschlüsselung der Daten		modifiziertes Differential-Bi-Phase	Non-Return to Zero
Zeiten:			
Aktivierung: min.	ms	50	50
max.	ms	**bis zu 100**, wenn ein FDX-Signal vorhanden	
10. Zyklus	ms	50	50
Pause: min.	ms	3	3
max.	ms	**20**, wenn nach ca. 3 ms ein HDX-Transponder antwortet	
10. Zyklus	ms	20	20
Datenrahmen:			
Kopf	Bit	11	8
Identifikationskode	Bit	64	64
Sicherungskode	Bit	16	16
Anhang	Bit	24	24
Bitstuffing	Bit	13	0

Der zeitliche Ablauf beim Auslesen des Transponders ist folgender:
Das Sende-Empfangs-Gerät schaltet die Aktivierungsfrequenz für mindestens 50 ms ein. Erfolgt innerhalb dieser Zeit eine fehlerfreie Datenübertragung von einem FDX-Transponder, wird der Sender (die Aktivierungsfrequenz) für mindestens 3 ms abgeschaltet. Ist innerhalb der 50 ms die Übertragung noch nicht fehlerfrei abgeschlossen, so kann die Aktivierungszeit auf max. 100 ms ausgedehnt werden. Unabhängig vom Übertragungserfolg, ist nach 100 ms der Sender für mindestens 3 ms abzuschalten.

Während der Aktivierungszeit lädt ein ggf. im Aktivierungsfeld befindlicher HDX-Transponder seinen internen Energiespeicher auf. Zirka 2 ms nach Abschaltung des Senders beginnt ein vorher im Aktivierungsfeld anwesender HDX-Transponder seine

Information zu übertragen. Wenn der Empfänger innerhalb von ca. 3 ms registriert, daß eine Übertragung von einem HDX-Transponder erfolgt, muß er die Sendepause auf 20 ms verlängern. Anderenfalls kann sofort erneut aktiviert werden.

Die dynamische Anpassung der Aktivierungs- und Pausenzeiten wird in jeder zehnten Periode durch ein festes Zeitmuster (50 ms Aktivierung, 20 ms Pause) ersetzt. Damit soll für sehr einfache Sende-Empfangs-Einheiten eine drahtlose Synchronisation ermöglicht werden. Stehen mehrere Sende-Empfangs-Einheiten im gegenseitigen Einflußbereich, müssen sich diese drahtgebunden synchronisieren (ISO/DIS 11785 (1995) Annex B).

Die Festlegung auf einen Standard, der zwei sehr unterschiedliche Systeme kombiniert, hat neben Vorteilen, auch einen wesentlichen Nachteil. Dieser besteht darin, daß für die Demodulation der jeweiligen Transpondersignale unterschiedliche Filter und eine transponderspezifische Auswertesoftware benötigt wird. Die zusätzlichen Kosten werden von den Firmen als kleiner 10% gegenüber existierenden firmenspezifischen Lesegeräten eingeschätzt.

Damit mit den nach ISO/DIS 11785 (1995) spezifizierten Sende-Empfangs-Einheiten auch die am häufigsten genutzten Fremdsysteme gelesen werden können, enthält die Neufassung einen verbindlichen Anhang A. Er enthält die technischen Daten der Transponder von Destron (FECAVA Version), Datamars und Trovan und beschreibt ein Konzept, wie diese Technologien mit ISO-konformen Sende-Empfangs-Einheiten lesbar werden. In Abbildung 4 ist gezeigt, daß es sich im Prinzip um Zusatzmodule handelt, die parallel zur standardgemäßen Sende-Empfangs-Stufe geschaltet werden. Dabei gilt, daß im Normalfall FDX-/HDX-Systeme gelesen werden und nach dem Lesen eines Fremdtransponders unmittelbar zum Normalfall zurückgeschaltet wird.

Weiterer Standardisierungsbedarf und Lösungskonzepte

Der weitere Standardisierungsbedarf bei elektronischen Erkennungssystemen erstreckt sich auf zwei Teilbereiche:

1. auf eine verbindliche Festlegung der im Anhang übertragbaren Daten und wichtiger
2. auf die Ausdehnung des Standards auf Transponder mit größerem, programmierbaren Speicherbereich und/oder integrierten Sensoren.

Konzept zur Nutzung des Anhanges zur Übertragung von Daten

Welche Nutzdaten im Anhang übertragen werden sollen, ist noch nicht spezifiziert. Zwar wurde mehrmals in der technischen Arbeitsgruppe (TWG) darüber beraten, aber es kam noch zu keiner Einigung. Ein vom Autor eingebrachter Vorschlag, Abbildung 2, sieht vor, die ersten 4 Bits als Kode für den Informationsinhalt der restlichen 20 Bits zu nutzen. Damit könnten alternativ 16 verschiedene Informationen im Anhang übertragen werden. Beispiele für sinnvolle Informationen sind dargestellt. So wäre es möglich, Meßwerte von Sensoren zu übertragen oder Daten über Hersteller oder die Spezifikation von beschreibbaren, sensorbestückten Transponder unterzubringen.

INHALTE Daten Meßwerte		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		KODE				INFORMATION																			
	0	0	0	0	0	Versatz						Verstärkung						Meßwert							
	1	0	0	0	1	Meßwert von Sensor 1												Meßwert von Sensor 2							
	2	0	0	1	0	Meßwert von Sensor X												Fehlerprüfkode							
	14	1	1	1	0	Herstellerkode												Herstellungsjahr							P
	15	1	1	1	1	PROM							RAM					Sensoren		Fehlerprüfkode					

Abb. 2: Darstellung verschiedener Informationsinhalte im Anhang von ISO/DIS 11785

Standardisierung beschreibbarer und sensorbestückter Transponder

Speicherorganisation und Datenformat

Eine allgemeingültige Lösung für die Speicherorganisation und die Datenrahmen für die gespeicherten bzw. gemessenen Werte zeigt Abbildung 3.

eine Seite = 128 Bit

Erkennungskode; unverzichtbar; unveränderbar

Kode-Struktur nach ISO 11784	Anhang	TR-ID	nicht spezifiziert
64	ISO/DIS 11785 24	8	

Transponderbeschreibung; obligatorisch; unveränderbar; herstellerprogrammiert

nur Lesen		Lesen/Schreiben		Sensordaten		Hersteller	Seriennr.	Herstellungsdatum
erste	letzte Seite	erste	letzte Seite	erste	letzte Seite			
12	12	12	12	12	12	12	12	32 BCD

Sensordaten; unveränderbar; herstellerprogrammiert

Sensor 1			Sensor 2			Sensor 3			Zeiger		Kodenr.
Typ	Versatz	Verstärk.							N-1	N+1	für Daten-
12	12	12							4	4	format 12

Struktur einer Seite

Daten; untere Hälfte	Daten; obere Hälfte	Zeiger		Attr.
		N - 1	N +1	
48	48	12	12	8

Struktur der ersten Seite einer Datei (Dateibeschreibung)

Password	Satzadressen		Datum		Zeiger			Attr.
	Anfang	Ende	Erstellung	Zugriff	Verzeichnis	N - 1	N + 1	
32	10	10	16	16	12	12	12	8

Struktur des Dateiverzeichnisses

Dateiname 1	Zeiger auf Dateibeschr.	Dateiname 2	Zeiger auf Dateibeschr.	Dateiname 3 (Anfang)	Zeiger		Attr.
					N - 1	N +1	
29	12	29	12	14	12	12	8

Struktur einer Seite für Meßwerte von Sensoren

Meßwert Sensor 1	...	...	...	...	Meßwert Sensor 6	Zeiger		Status
						N - 1	N + 1	
16	16	16	16	16	16	12	12	8

Werte geben die Feldlängen in Bit an

Abb.3: Speicherorganisation und Datenrahmen bei komplexen Transpondern

Bei diesem Vorschlag wird folgendes unterstellt:

1. Die im Speicher gehaltenen Daten sind generell in Datensätze mit 128 Bit Länge unterteilt.
2. Der Speicher beinhaltet generell die Daten für die Tiernummer nach ISO 11784 (1994).
3. Die übrigen Datensätze des Speichers sind vom Hersteller den Bereichen:
   - nur lesbar (einmal programmierbarer Speicherbereich),
   - les-/schreibbar (beliebig oft beschreibbarer Speicherbereich) oder
   - Sensordaten zugeordnet.
4. Die Bereiche können in beliebiger Reihenfolge angeordnet sowie unvollständig sein und müssen nicht lükkenlos aneinander anschließen.
5. Innerhalb eines Speicherbereiches folgen die einzelnen Sätze lückenlos aufeinander.
6. Die Sätze Erkennungskode und Transponderbeschreibung sind obligatorisch. Der Satz zur Transponderbeschreibung legt die Zuordnung der Datensätze zu den Bereichen durch Angabe der ersten bzw. letzten Satzadresse eines Bereiches fest und enthält zusätzlich herstellerspezifische Angaben.
7. Ist ein Bereich für Sensordaten eingerichtet, dann existieren im „Nur-Lesbaren- Speicherbereich", beginnend mit Satznummer 3, eine berechenbare Anzahl von Sätzen, deren Inhalt die im Transponder verfügbaren Sensoren (Sensortypen) und deren Kalibrationsdaten (Versatz und Verstärkung) beinhalten. Mit Sensortyp = 0, wird das Ende dieses Datenbereiches spezifiziert. Die Anzahl der integrierten Sensoren kann so abgezählt und das Bereichsende ermittelt werden. Die hier gewählte Reihenfolge der Sensoren wird auch bei der Ablage der Meßwerte im Speicher beibehalten.
8. Die Datenformate für den „**Nur-*Lesbaren-Speicherbereich*** müssen für alle verbindlich festgelegt werden, die Kodenummer für das Datenformat ist als Referenz zu einer Liste für die exakte Datenbeschreibung gedacht. Neben den bereits aufgezeigten Anwendungsfeldern für Speicher- und Sensorausstattung wäre es z.B. denkbar, in bestimmten Sätzen die Tierbesitzer zu vermerken. Dies könnte dadurch erfolgen, daß den Tierbesitzern eine offizielle Betriebsnummer zugewiesen wird und diese vom jeweiligen Besitzer an schon bestehende Eintragungen angehängt wird. Aus der Aufeinanderfolge der Betriebsnummern ließe sich die Verbringung von Tieren ablesen. Andere Anwendungen wären die Speicherung der Abstammungsdaten oder besonderer Merkmale der Tiere. Wenn es erforderlich sein sollte, könnte sogar ein Bild des Tieres abgelegt werden. Der Phantasie sind keine Grenzen gesetzt. Die Umsetzung wird jedoch durch die Kosten für und den Energieverbrauch des Transponders begrenzt.
9. Der Bereich für ***variable Daten*** ist zweckmäßigerweise ähnlich der Dateiorganisation bei Disketten zu führen. In einem Dateiverzeichnis werden die Dateinamen mitjeweiligen Zeiger auf den ersten Datensatz gespeichert. Der erste Datensatz einer Datei enthält die Dateibeschreibung. Sie besteht aus Password, soweit gefordert, Satzadressen für Dateianfang bzw. -ende, das Erstellungsdatum und das Datum des letzten Zugriffes sowie Zeiger zum Verzeichnis, zum Vorgänger- und Nachfolgersatz.
10. Jedem Datensatz können bestimmte Attribute zugewiesen werden.
11. Im Gegensatz zum unveränderbaren Bereich, obliegt es dem Nutzer den Dateninhalt zu spezifizieren.
12. Die Sätze für ***Meßdaten*** beinhalten die von den Sensoren erfaßten Werte. Bei einer Auflösung des Meßwertes von 12 Bit sind in einem Satz 6 Sensordaten gespeichert.

Die aufgezeigte Organisation und Nutzung des Speichers ist umfassend, weist eine hohe Flexibilität bei geringer Komplexität auf. Die größten Probleme dürften bei den Festlegungen der Datenstrukturen für den unveränderbaren Bereich zu erwarten sein.

Kommunikation

Für die Übertragung zwischen Transponder und Sende-Empfangs-Einheiten wird die in Abbildung 4 verdeutlichte Sequenz vorgeschlagen. Zunächst ist entsprechend ISO/DIS 11785 (1995) der Transponder zu aktivieren und der Erkennungskode zu lesen (Lesen Transponder-ID).

Durch Auswertung von Bit 16 wird geprüft, welcher Transpondertyp vorliegt. Ist Bit 16 auf „1" gesetzt und ist im Anhang ein Kode definiert, der auf weitere Seiten hinweist, kann die Kommunikation zum Austausch weiterer Informationen beginnen. Dabei wird generell erst aktiviert, dann Daten zum Transponder gesendet und anschließend eine Antwort des Transponders übertragen. Die zum Transponder gesendeten Nachrichten können Kommandos zur Übertragung bestimmter Seiten sein, aber auch die Neuprogrammierung im beschreibbaren Bereich bewirken.

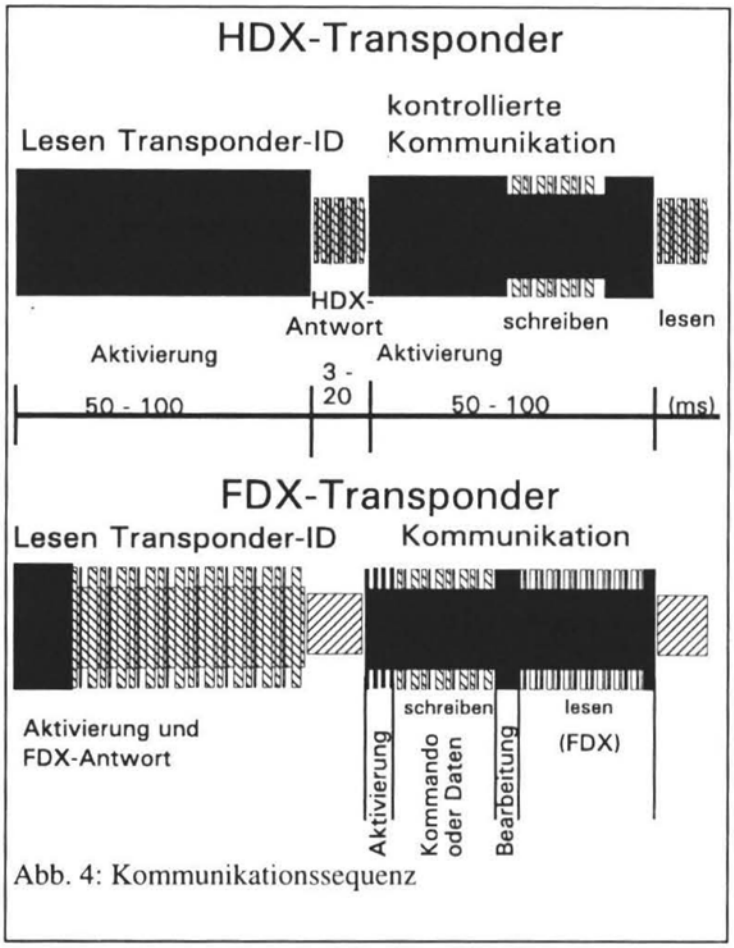


Abb. 4: Kommunikationssequenz

Ausblick

Mit ISO/DIS 11784 (1995) und ISO/DIS 11785 (1995) liegt wahrscheinlich bis Ende des Jahres ein Standard für "nur lesbare Erkennungssysteme" für alle Tiere vor.

Die WG 3 arbeitet nun einen Standard für Systeme mit beschreibbare, sensorbestückte Transponder. Vorstellungen hierzu wurden dargelegt. Sie sind ein erster Schritt für eine zielgerichtete Arbeit und werden vom Autor in die WG 3 eingebracht. Bis zur endgültigen Festlegung werden sicherlich Modifikationen möglich sein, schon allein deswegen, weil für die schnelle Umsetzung auch die existierenden Verfahren mit berücksichtigt werden sollen. Oberstes Ziel sollte jedoch bleiben, einen umfassenden Standard aus einem Guß zu schaffen.

Literatur

ARTMANN, R. (1994): Stand und Beratungen zur Logistik und Einführung der elektronischen Tierkennzeichnung mit Injektaten. In:Injektate zur elektronischen Tieridentifikation, KTBL-Arbeitspapier 205, S. 68-84.

ARTMANN, R. (1994): Technischer Stand und Entwicklungsmöglichkeiten des standardisierten Transponders. In: Injektate zur elektronischen Tieridentifikation, KTBL-Arbeitspapier 205, S.17-35.

ARTMANN, R. (1994): Tiererkennungssysteme - Stand der Normung. Landtechnik 49, H. 1, S. 36-38.

ISO 11784 (1994) Agricultural equipment - Animal electronic identification - Code structure

ISO/DIS 11784 (1995): Radio Frequency Identification (RFID) of Animals - Code structure. ISO/TC23/SC19 N93.

ISO/DIS 11785 (1995): Radio Frequency Identification (RFID) of Animals - Technical Concept. ISO/TC23/SC19 N94.

ISO 3166 (1993) Codes for the representation of names of countries.

VVVO (1995): Verordnung zur Änderung der Viehverkehrsverordnung sowie der Rinder- und Schafprämien-Verordnung. Entwurf, Stand 9.2.1995.

Injektate mit Temperatursensoren - Ein entscheidungsunterstützendes Instrument für die rechnergestützte Brunstüberwachung?

Hans-Peter Schwarz und Thorsten Kaiser-Schröder[1]

Einleitung

Elektronische Erkennungssysteme sind vor vielen Jahren mit der Maßgabe entwickelt worden, Tiere in Gruppen zu halten, sie aber trotzdem individuell und leistungsangepaßt mit Nährstoffen zu versorgen. Die ersten Transponder wurden in Europa erstmals zur Identifizierung von Milchkühen an Kraftfutterabrufstationen eingesetzt. Die Tiere trugen den Sender an einem Halsband. Neben dieser Form der Transponderbefestigung, die es auch heute noch gibt, wurden in den letzten Jahren sogenannte elektronische Ohrmarken und Transponder zur Injektion (Injektate) in den Körper entwickelt. Diese Miniaturisierung der Transponder schuf darüber hinaus die Möglichkeit, neben der elektronischen Schaltung zur Identifizierung, Sensoren zur Messung der Körpertemperatur oder der Pulsfrequenz mit in die Injektate einzubauen. Die Körpertemperatur stellt nämlich einen der zentralen Parameter zur Überwachung des Gesundheits- und Reproduktionsstatus dar.

In zahlreichen Studien wurde nachgewiesen, daß über 30 % der Kühe wegen Unfruchtbarkeit und 16 % der Kühe wegen Infektions- und Euterkrankheiten ausschieden. Die Ursachen für solch hohe Ausfälle aus der Produktion sind sehr vielschichtig; sie reichen von der Fütterung über die Gestaltung der Funktionsbereiche in einem Stall bis hin zum Management, um nur einige zu nennen. Alleine durch eine ständige Kontrolle der Futterration sowie die richtige Versorgung der Rinder in den einzelnen Stadien, lassen sich fütterungsbedingte Tierausfälle auf ein geringeres Maß beschränken. Eine auf die Bedürfnisse der Kühe angepaßte Haltungstechnik bringt dem Landwirt zusätzliche ökonomische Vorteile, wie z. B. eine längere Nutzungsdauer, geringere Krankheitsraten und niedrigere Abgangsraten wegen Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen (vgl. BOCKSICH, 1990).

Im Bereich des Managements versucht man durch die Einrichtung eines Informationssystems Daten über die gesamte Produktion zu sammeln und diese dann in aufbereiteter Form dem Landwirt als Entscheidungshilfe zur Verfügung zu stellen. Somit kann die regelmäßige Erfassung der Körpertemperatur Hinweise auf eine bevorstehende Geburt, Brunst sowie auf die Entstehung subklinischer Krankheiten hinweisen. Aufgrund dieser Informationen kann der Landwirt wesentlich früher bei Krankheiten eingreifen als dies erst bei deren Ausbruch der Fall wäre. Manuell sind

[1] Dr. agr. H.-P. Schwarz, cand. Ing. Th. Kaiser-Schröder, Institut für Landtechnik, Braugasse 7, 35390 Gießen

derartige Informationen nur mit einem hohen Arbeitsaufwand zu bekommen, wobei diese auch noch zu ungenau sind und ihre Gewinnung die Tiere relativ stark belästigt.

Rechnergestützte Überwachung des Reproduktionsstatus in der Rinderhaltung

Züchterische Fortschritte haben in der Rinderzucht in den letzten Jahren zu einem enormen Anstieg der Milchleistung geführt. Begleitet wurde diese Entwicklung durch eine verkürzte Nutzungsdauer der Tiere infolge zunehmender Erkrankungshäufigkeiten (vgl. SCHLÜNSEN, 1988).

Einer der wesentlichen Bereiche des Computereinsatzes liegt somit in Zukunft in der rechnergestützten Tierüberwachung. Hierbei werden durch Meßwertaufnehmer Leistungs-, Fütterungs- und Verhaltensparameter sowie physikalische Meßgrößen während des laufenden Produktionsprozesses automatisch aufgenommen und durch Rechnersysteme verarbeitet (vgl. SCHLÜNSEN, 1988). Die Überwachung der Tiergesundheit beruht auf dem Erkennen von Abweichungen vom Normalzustand und der Bewertung und Interpretation dieser Veränderungen im Hinblick auf ihre diagnostische Nutzbarkeit für das Herdenmangement (vgl. BAUER, 1990).

Ergebnisse zur rechnergestützten Brunstüberwachung

Nach Berichten des Rechenzentrums Verden scheiden über 30 % der Kühe wegen Unfruchtbarkeit aus (vgl. GRANZ, 1990). Die Ursachen dieses Problems sind sehr vielschichtig, sie reichen über die Klimaverhältnisse im Stall, die Stallhygiene, das Management des Betriebsleiters, das Tierverhalten bis zur Fütterung, um nur einige zu nennen. Da die Reproduktionsleistung von Milchkühen einer der entscheidenden Faktoren in der Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung ist, wäre daher anzustreben, die Brunsterkennung zu automatisieren.

Als Indikatoren für eine frühzeitige Brunsterkennung werden in der Literatur folgende genannt:

- Milchtemperatur
- Aktivität der Tiere
- Pulsfrequenz.

Die Milchtemperatur steigt zum Zeitpunkt der Brunst bis zu über 0,4 °C über den Mittelwert im Gesamtzyklus an (vgl. SCHLÜNSEN, 1988). Aufgrund der Bewegungsfrei-

heit der Tiere im Laufstall ist die Ausprägung deutlicher als in Anbindeställen (Abb. 1). Da eine Vielzahl von Faktoren auf die Milchtemperatur einwirken, reicht dieser Parameter allein für die Brunsterkennung nicht aus.

Eine eindeutige Beziehung besteht auch zwischen der Schritthäufigkeit (Aktivität) und der Brunst. In der Hauptphase der Brunst zeigen die Tiere in Laufställen eine um 93 % höhere Aktivität als im Interöstrus. Auch in Anbindeställen liegt die Aktivität trotz der eingeschränkten Bewegungsfreiheit um 20 % höher als normal (Abb. 1).

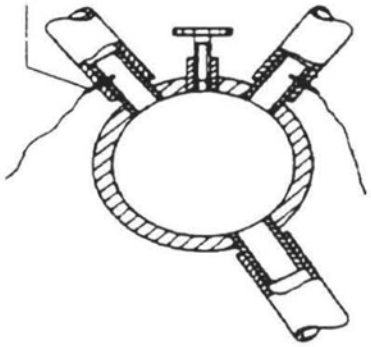
Für Anbindeställe würde sich die Erfassung der Pulsfrequenz anbieten. In Versuchen wurde festgestellt, daß die Pulsfrequenz zum Zeitpunkt der Brunst (Abb. 1) deutlich höhere Werte annimmt (vgl. PAUL, 1985).

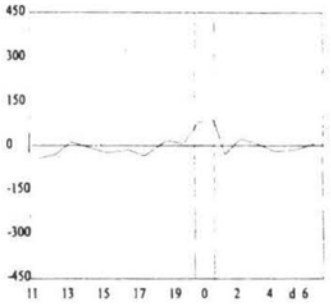
Keine Beziehung bestand dagegen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und des Brunstzyklus. Nach SCHLÜNSEN (1988) verdient dieser Parameter dennoch wegen der hervorragenden Unterscheidung von Eutererkrankungen und Brunst Beachtung.

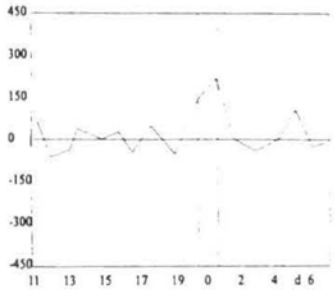
In einigen Fällen sank zum Zeitpunkt der Brunst die Milchleistung und auch die Kraftfutteraufnahme verminderte sich (vgl. SCHLÜNSEN, 1988).

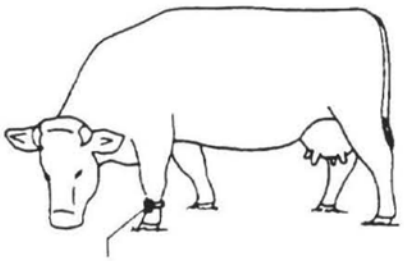
Um klare Aussagen über eine anstehende Brunst treffen zu können, müssen stets mehrere Parameter zusammen betrachtet werden, um so den Anteil an Fehlinformationen so gering wie möglich zu halten. Dazu wurde ein Beurteilungsprogramm entwickelt, in dem alle zur Brunsterkennung und Tierüberwachung geeigneten Variablen simultan berücksichtigt wurden. Somit konnte nachgewiesen werden, daß bei Berücksichtigung eines einzelnen Parameters mit sehr hohen Anteilen irrtümlicher Brunstdiagnosen zu rechnen war. Erst durch die Verknüpfung der Variablen Milchtemperatur, Schrittzahl, Milchmenge und elektrischer Leitfähigkeit wurden in Anbinde- und Laufställen über 80 % der Brunsten richtig erkannt (vgl. SCHLÜNSEN, 1988).

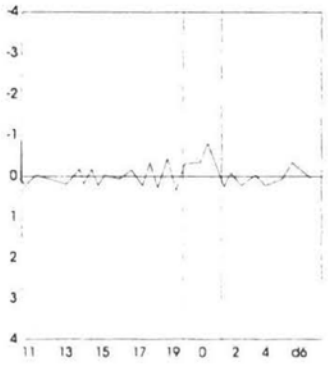
Instrument	Anbindestall	Laufstall

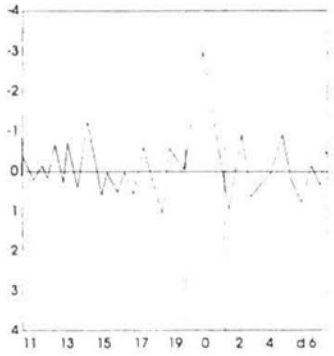












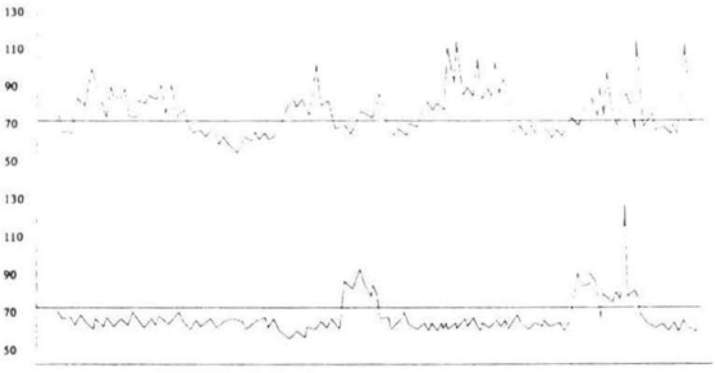
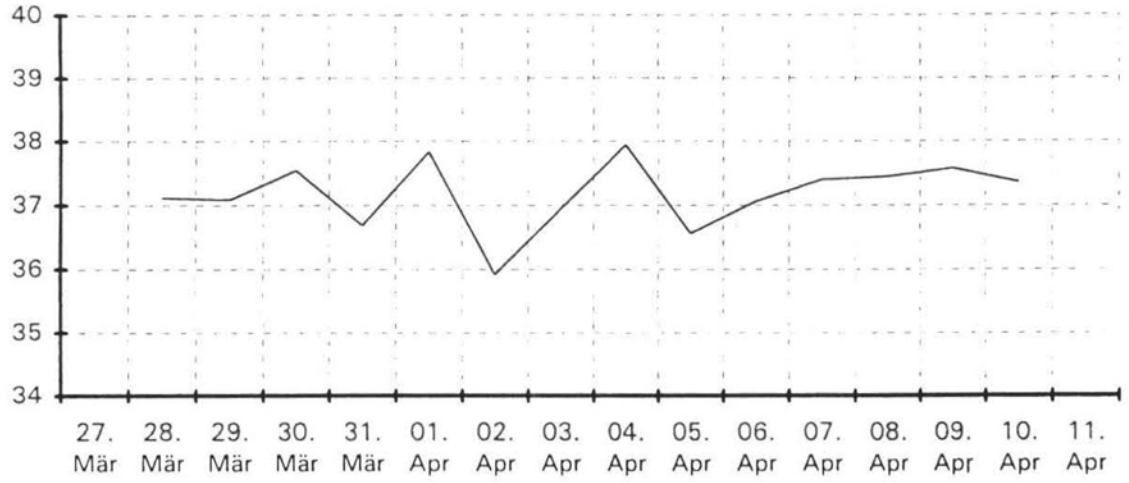
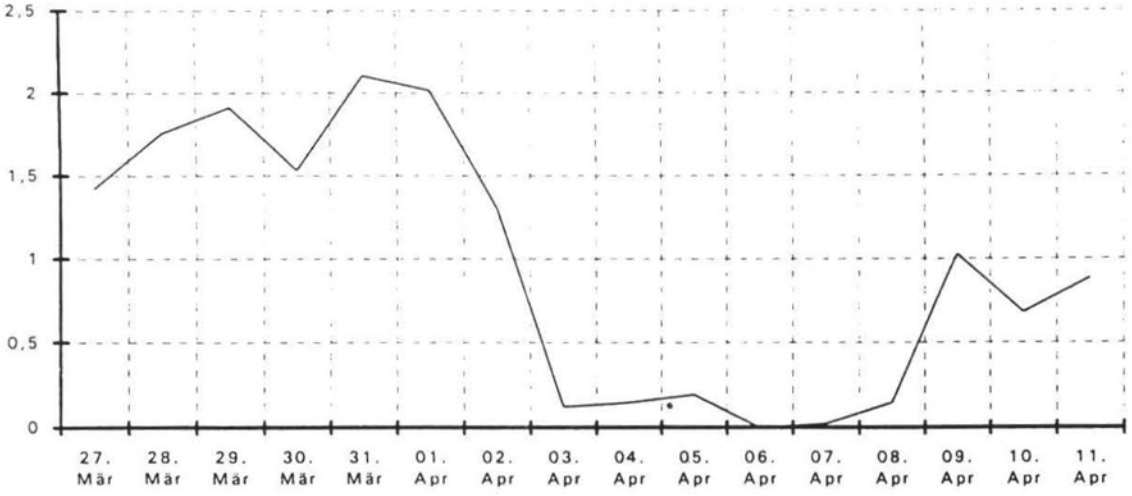


Abb.: Instrumente zur automatisierten Feststellung der Brunst nach SCHÖN

Ergebnisse der gemessenen Temperatur- und Progesteronkurven der Milchkühe

Die Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Temperatur im Flotzmaul anhand der Tagesmittelwerte und Abbildung 4 den Verlauf des Progesterongehaltes in der Milch über den gleichen Zeitraum hinweg. Man erkennt einen Anstieg der Temperatur am 01. April auf 38 °C an und einen Abfall am darauffolgenden Tag um fast 2 °C. Am ersten Tag der Hauptbrunst (04. April) steigt diese wieder auf 38 °C an. Auch der Verlauf des Progesterongehaltes, weist auf eine Brunst hin. Dieser fällt von über 2 ng/ml am 01. April auf Werte knapp um die 0 ng/ml am 03. April. Mit dem Beginn des neuen Zyklus und der damit einhergehenden Bildung eines neuen Gelbkörpers nimmt der Gehalt an Progesteron in der Milch wieder zu.





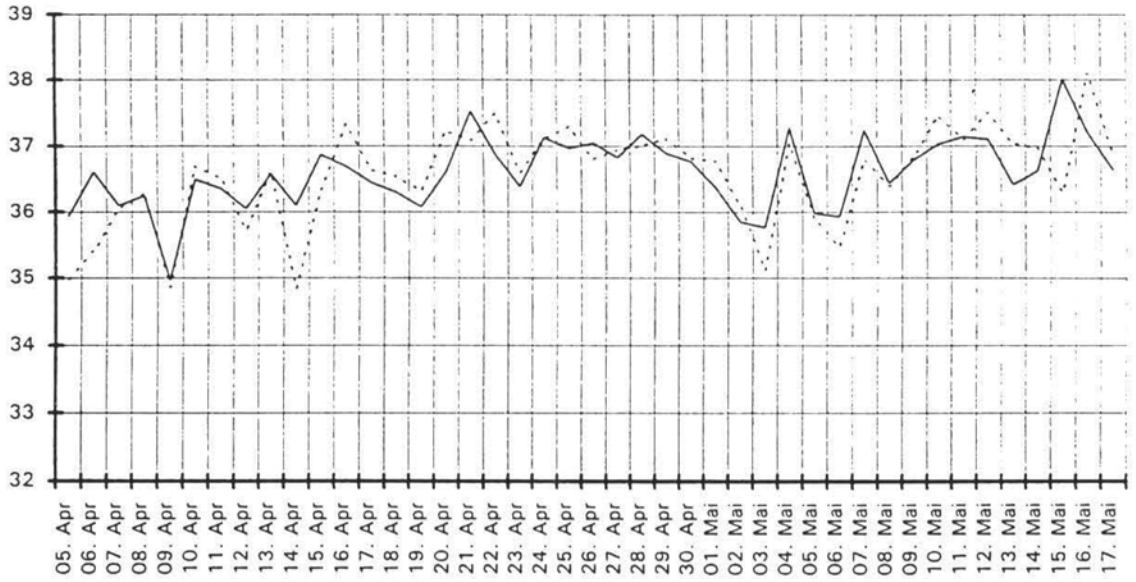
Weitere Indizien die auf eine Brunst hinwiesen, waren eine starke Unruhe des Tieres und ein blutiger Ausfluß aus der Scheide.

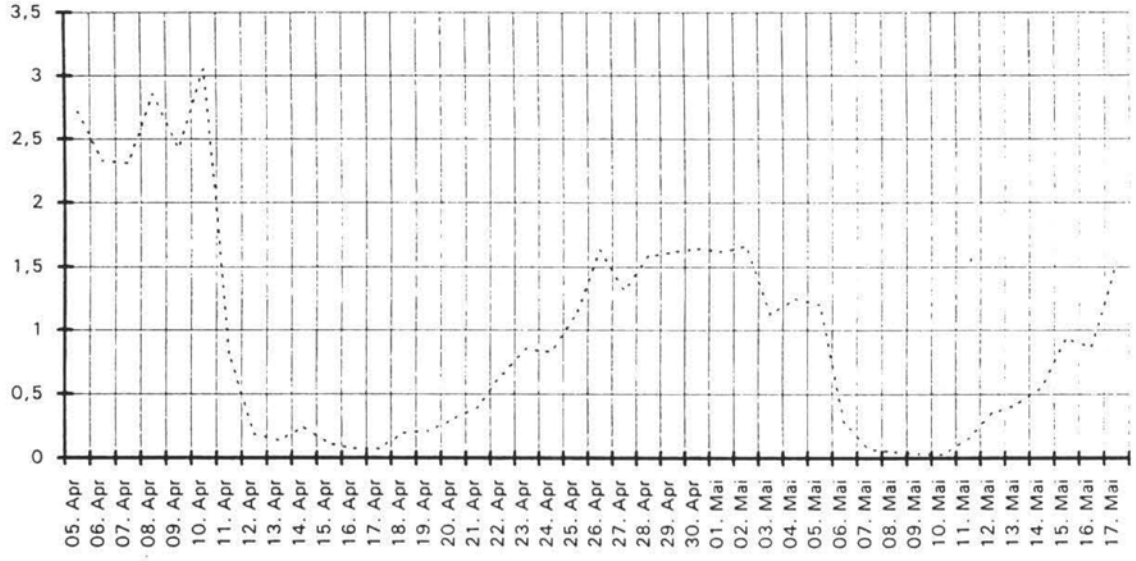
Wie sehen nun die Temperaturkurven im Ohrgrund und im Flotzmaul zum Zeitpunkt der Brunst aus? Die folgende Abbildung (5) mit Ergänzung (6) zeigt die Temperaturveränderungen im Flotzmaul und im Ohrgrund über einen Zeitraum von vierzig Tagen. Auch hier erkennt man den abfallenden und ansteigenden Verlauf der Temperatur im ersten Zyklus zwischen Tag 18 und 21, sowie zwischen Tag 21 und 24 im zweiten Zyklus. Mit dem Beginn des jeweils neuen Zyklus verläuft die Körpertemperatur auf einem höheren Niveau. Die Temperaturkurven haben am 03. Mai sowohl im Ohrgrund als auch im Flotzmaul ein Minimum und steigen tags darauf wieder an. Am 05. und 06. Mai fallen beide Temperaturkurven wieder um etwa 1 °C ab. Zur beginnenden Phase der Hauptbrunst am 07. Mai steigt die Körpertemperatur erneut an, was man sehr gut an den Spitzen der beiden Kurven an diesem Tag erkennen kann. Der hier beschriebene Zyklus dauerte 21 Tage. Die erste Temperaturerhöhung fand somit am 18. Tag statt. Genau ab diesem Tag fällt der Progesterongehalt (Abb. 6) bis zum 21. Tag auf Werte knapp über 0 ng/ml ab und steigt mit dem Beginn des neuen Zyklus wieder an. Die selben Temperatur- bzw. Progesteronveränderungen finden auch zwischen dem 09. und 13. April statt.

Wie lassen sich nun derartige Temperaturveränderungen am Ende des Zyklus erklären? Fangen wir einmal mit dem Tag der Hauptbrunst an. Hier führt vor allem die gesteigerte Aktivität des Rindes, auch in einem Anbindestall, zu einem Anstieg der Körpertemperatur. In Laufställen sind diese Ausschläge noch stärker, weil die Kühe mehr Bewegungsfreiheit haben (z. B. Aufspringen auf Nachbartiere). Darüber hinaus modulieren in dieser Zeit offensichtlich sogenannte gonadale Steroide Cytokine, die dann eine Temperaturerhöhung auslösen (vgl. MEINEKE-TILLMANN, 1994). Zu diesen Cytokinen gehören die Interleukine 1 und 6 sowie der Tumor Necrosis Faktor X (TNF-X).

CANNON and DINARELLO (1987) werden in einem Artikel mit folgenden Sätzen zitiert. "Sie beschreiben eine Korrelation zwischen steigenden Interleukin-1-Gehalten und einer Erhöhung der Körpertemperatur. Die Tatsache, daß das Progesteron zu einer Erhöhung der Körpertemperatur führt, läßt ferner den Schluß zu, daß eine positive Beziehung zwischen dem Progesteron und der Interleukin-1-Produktion besteht."

Als wichtig sei in diesem Zusammenhang noch anzumerken, daß die Temperaturkurven im Flotzmaul und im Ohrgrund teilweise voneinander abweichen, die Richtungsänderungen jedoch größtenteils übereinstimmen.





Zusammenfassung

Inwieweit nun injizierbare Transponder mit eingebauten Temperatursensoren einen Beitrag zur rechnergestützten Brunstüberwachung liefern, war Gegenstand eines kleinen Feldversuches. Hierzu wurden fünf Kühen kombinierte Transponder zur Identifikation und Temperaturmessung eingesetzt. Mit einem Handlesegerät wurden in regelmäßigen Abständen die Körpertemperaturen abgelesen, sowie Milchproben zur Bestimmung des Progesterongehaltes entnommen.

Da die Tiere aus Versuchsgründen überwiegend in Anbindehaltung gehalten wurden, traten bei den Kühen zum Beginn der Hauptbrunstphase erhebliche Temperaturschwankungen auf. Ausgelöst wurden diese Temperaturshifts im wesentlichen durch die gesteigerte Aktivität. Es fiel darüber hinaus auf, daß 3 Tage vor dem Ende des Zyklus ein Temperaturanstieg mit dem Beginn des Progesteronabfalls in der Milch zeitgleich einherging. Zur Ablage der Transponder eignen sich bei den Rindern Ohrgrund und Flotzmaul. Um aber in Zukunft an einem einheitlichen Injektionsort pro Tierart festhalten zu können, sollten sich weitere Untersuchungen mit Injektaten auf den Ohrgrund bei Rind und Schwein konzentrieren.

Literaturverzeichnis

BAUER, R. (1990): Ermittlung geeigneter Parameter für eine rechnergestützte Früherkennung von Eutererkrankungen und Stoffwechselstörungen bei Milchkühen. Landbauforschung Völkenrode Sh. 112.

BOCKISCH, F.-J. (1991): Quantifizierung von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren Haltungsumwelt als Grundlage der Verbesserung von Stallsystemen und ihrer ökonomischen Bewertung. Habilitationsschrift Justus-Liebig-Universität Gießen. MEG-Schrift 193.

CANNON, J.-G. & C. A. DINARELLO (1985): Increased plasma interleukin 1 activity in woman after ovulation. Science 227, S. 1247.

GRANZ, E. (1990): Tierproduktion, 11. Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

MEINECKE-TILMANN, S. (1994): Briefwechsel im Juli 1994.

PAUL, W. et al. (1985): Überwachung der Herzschlagrate bei Milchkühen - Sensorentwurf und erste Ergebnisse. Grundlagen der Landtechnik 35, Heft 6, S. 183-189.

SCHLÜNSEN, D. (1988): Versuchsergebnisse zur rechnergestützten Tierüberwachung. In: Landbauforschung Völkenrode Sh. 93, S. 124-139.

SCHÖN, H. (1993): Elektronik und Computer in der Landwirtschaft. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Injizierbare Transponder in der Rinderhaltung

Christian Kern[1], Michael Klindtworth[1], Georg Wendl[1] und Heinrich Pirkelmann[2]

Einleitung und Zielstellung

In der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung gehören heute elektronische Erkennungssysteme mit Transpondern zum Stand der Technik. Sie werden vorwiegend innerbetrieblich in Verbindung mit der individuellen Kraftfuttervorlage, der Selektion und der Leistungskontrolle eingesetzt. Ein weiteres Einsatzgebiet für Transponder liegt künftig im überbetrieblichen Bereich der Kennzeichnung, etwa zum Herkunftsnachweis im Rahmen von Seuchenkontrollen, der Prämienvergabe oder in Markenfleischprogrammen. Eine wichtige Voraussetzung ist hierbei die feste und lebenslange Verbindung des Transponders mit dem Tierkörper. Diese Verbindung ist bei injizierbaren Transpondern gegeben, die seit mehr als zehn Jahren zur fälschungssicheren Kennzeichnung (v. a. bei Kleintieren und Pferden) verwendet werden.

Der Einsatz von Injektaten in den beiden Bereichen „landwirtschaftliche Produktionstechnik" und „Kennzeichnung" bringt neue Anforderungen an die Systeme mit sich:

- Neben einer guten Körperverträglichkeit des Transponders muß die Injektion selbst einfach und sicher durchzuführen sein. Von zentraler Bedeutung ist eine stabile Lage des Transponders im Tierkörper.
- Die Injektate dürfen weder verloren gehen noch sonstige Funktionsausfälle auftreten.
- Die Leistung der Systeme muß im Hinblick auf die Lesereichweite und die Lesegeschwindigkeit ausreichend sein, um in allen Anwendungen eine sichere Tiererkennung zu gewährleisten.
- Schließlich muß die Entnahme aus dem Schlachtkörper aus lebensmittelrechtlichen Gründen sichergestellt sein.

Zu diesen Schwerpunkten wurden an der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik umfangreiche Labor- und Praxisuntersuchungen mit finanzieller Unterstützung der DFG, des BayStMELF, der CMA und der Industrie durchgeführt. Im folgenden sollen einige ausgewählte Ergebnisse vorgestellt werden, um den Stand der Entwicklungen für eine Umsetzung in die Praxis aufzuzeigen und noch verbliebene offene Fragen herauszustellen. Die Ergebnisse beziehen sich im wesentlichen auf Rinder, sie sind jedoch zum Großteil auch auf Anwendungen bei anderen Tierarten übertragbar.

[1] Dipl.-Ing. agr. Chr. Kern, Dipl.-Ing. agr. M. Klindtworth, Dr. agr. G. Wendl, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

[2] Dr. agr. H. Pirkelmann, Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub, Prof. Dürrwaechter-Platz 1, 85586 Poing

Injektionsort und Verhalten des Transponders im Tierkörper

Derzeit wird beim Rind der Bereich unter dem Scutulum, einem Knorpel am Ansatz des Ohres, als Injektionsstelle favorisiert. Die speziellen Vorteile gegenüber anderen Stellen liegen u.a. in einer guten Definition der Injektions- und Entnahmestelle sowie der Möglichkeit, auch bei jungen Tieren Transponder mit 32mm Länge und entsprechend hoher Reichweite (50 cm) zu injizieren (PIRKELMANN et al., 1992).

Von besonderem Interesse ist die Beständigkeit der bei der Injektion vorgegebenen Transponderlage, denn sie ist ausschlaggebend für die Erkennungssicherheit und die Entnahme. Daher wurde im Rahmen von Tierversuchen an Mastkälbern der Fragestellung nachgegangen, in welchem Bereich sich die Injektate um den Injektionspunkt Scutulum während des Wachstums verlagern können und ob hierbei unterschiedliche Reaktionen in Abhängigkeit von verschiedenen Oberflächen (glatt und angerauht), Transpondergrößen (12, 23 und 32 mm Länge) sowie dem Tiergewicht bei der Injektion (40, 60 und 80 kg LG) auftreten können.

Zur Begrenzung des Versuchsaufwandes konnte die Bestimmung der Transponderlage bei größeren Tierzahlen nur nach der Schlachtung vorgenommen werden. Sie erfolgte durch ein Sezierverfahren, wobei der Transponder in Bezug zu bestimmten Referenzpunkten (z.B. Scutulum) vermessen und mit der Ausgangslage verglichen wurde. Ergänzend zum Sezierverfahren wurden bei einer ausgewählten Kälbergruppe im Abstand von vier Wochen Röntgenbilder aufgenommen. Jedes Kalb erhielt ein Injektat gleicher Größe auf der rechten und linken Kopfseite (Oberfläche jeweils glatt und rauh). Die Schlachtung erfolgte bei einem Gewicht von ca. 200 kg. Als migriert wurden nur die Transponder bezeichnet, die sich um mehr als 3 cm von der Einstichstelle entfernt hatten, d.h. unter dem Scutulum herausgewandert waren (Tab. 1).

In den meisten Fällen waren die Lageveränderungen vom Ausmaß eng begrenzt. Unter den Transpondern allerdings, die ihre Lage verändert hatten, waren zwei unterschiedliche Reaktionen zu differenzieren: entweder sie waren "migriert" oder hatten sich im Einstichkanal "verschoben". Während migrierte Transponder bei der Entnahme noch fest über eine Bindegewebshülle mit dem umliegenden Gewebe verbunden waren, ließen sich die "verschobenen" Injektate beim Abtasten im Einstichkanal vor- und zurückbewegen. Beim späteren Herauspräparieren war zu erkennen, daß sich keine geschlossene Kapsel um den Transponder gebildet hatte.

Als Folge einer "Verschiebung" gingen die betreffenden Transponder entweder innerhalb kurzer Zeit verloren oder verblieben direkt unter der Haut (Beispiel in Gruppe 3, Tab.1: je 4 von 9 Transpondern verschoben, davon 2 verloren oder zerbrochen). Die relativ häufigen Verluste und das Zerbrechen der Transponder stehen vermutlich mit einer starken Druckbelastung durch Halsbänder oder Freßgitter in Zusammenhang. Hervorzuheben ist, daß die Verluste bei älteren Tieren seltener auftraten (Gruppen 7,

8, 9). Die Abhängigkeit der Verlustrate von der Altersstufe wurde auch von SPAHR (1992) in vergleichbaren Untersuchungen bestätigt.

Tab. 1: Anzahl der Transponder mit Lageveränderungen im Tierversuch

Lebendgewicht bei Injektion bis	40 kg						60 kg						80 kg					
Gruppe Transpondergr	1 12 mm		2 23mm		3 32mm		4 12mm		5 23mm		6 32mm		7 12mm		8 23mm		9 32mm	
Oberfläche (R=rauh, G=glatt)	R	G	R	G	R	G	R	G	R	G	R	G	R	G	R	G	R	G
n	9	10	10	10	9	9	10	10	10	10	10	10	8	8	10	10	10	10
Migration (≥3 cm)	0	2	1	0	2	1	3	3	1	2	7	1	2	2	0	0	0	1
Im Stichkanal verschoben	0	0	0	0	4	4	1	0	2	0	0	1	0	0	1	1	2	3
davon verloren oder zerbrochen					2	2			2									1

Unter den "migrierten" Transpondern, die in einer festen Verbindung zum umliegenden Gewebe standen, lagen die Werte im Mittel stets unterhalb des Grenzwertes von 3 cm. Als kritisch müssen jedoch Abweichungen bis zu 6 cm gesehen werden. Eindeutige Unterschiede zwischen den Größen der Transponder und den Oberflächenarten konnten nicht festgestellt werden. Lediglich mit höherer Gewichtsstufe bei der Injektion war ein Trend zu geringeren Lageveränderungen erkennbar.

Sehr deutliche Unterschiede zeigten sich dagegen in einem weiteren Versuch, in dem Injektate mit glatter Glasoberfläche mit kunststoffbeschichteten Transpondern verglichen wurden. Die Beschichtung bestand aus einem Material, das auch in der Humanmedizin für Implantate verwendet wird und eine poröse Struktur besitzt. Sowohl im Mittel als

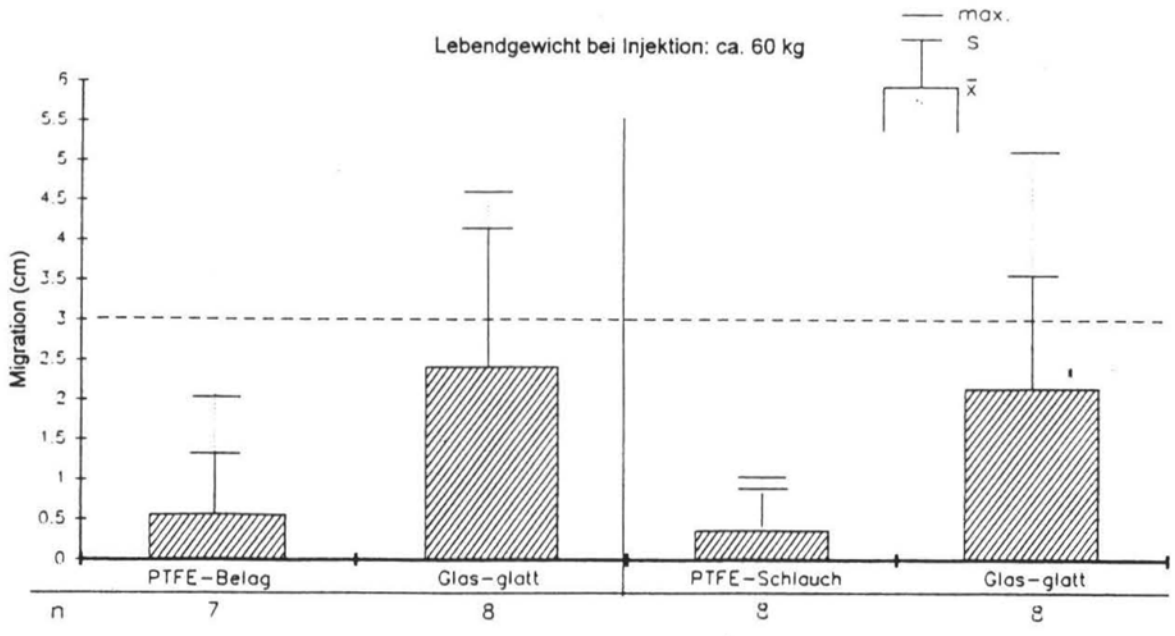


Abb. 1: Migration von unbeschichteten und kunststoffbeschichteten Transpondern (32 mm)

auch im Streubereich lagen die Werte der beschichteten Varianten deutlich unter denen der glatten Transponder (Abb. 1). Die Ursache hierfür liegt sicherlich in einer intensiveren Verbindung der Transponder mit dem umliegenden Gewebe. Histologischen Befunden zufolge wuchsen die Körperzellen direkt in die Oberfläche ein und riefen so eine deutlich stärkere Kapselbildung hervor.

Neben der verminderten Migration war noch ein weiterer positiver Effekt festzustellen: es traten keine "Verschiebungen" bzw. Verluste mehr auf. Dies steht jedoch nicht mit dem Einwachsen von Zellen, sondern vielmehr mit der erhöhten Rauhigkeit der Oberfläche in Zusammenhang. Sie bewirkte bereits bei der Injektion eine stärkere Haftung im Gewebe. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß durch die Beschichtung insgesamt eine Verminderung von Lageveränderungen im Körper erreicht werden kann. Für eine Absicherung der Resultate sind allerdings noch weitere Einsatzversuche sowie Anpassungen der Injektionstechnik erforderlich.

Technische Maßnahmen zur sicheren Erkennung

Die Orientierung des Transponders zur Ausleseantenne wirkt sich, aufgrund der Verteilung der Feldlinien, auf die Ausdehnung des Erkennungsbereiches aus. Folglich ist auch die Lage des Transponders im Tierkörper für die Erkennungssicherheit von Bedeutung. Bei der Erkennung von stehenden Tieren ist eine Lesereichweite von 50 cm ausreichend, da der Transponder im allgemeinen wesentlich näher an die Antenne herangeführt wird. Als problematisch ist jedoch die Erkennung im Durchgang zu sehen (zB. im Eingang zum Melkstand), da hierbei eine Lesereichweite bis zu 90 cm erreicht werden muß.

Das Ziel muß es daher sein, daß der Erkennungsbereich der Antenne den Bewegungsraum des Tieres möglichst vollständig abdeckt. Daher wurden in technischen Laborversuchen die Auswirkungen verschiedener Transponderorientierungen, Sendeleistungen und Antennen auf die Ausbildung des Erkennungsbereiches im Durchgang untersucht (Erkennungssystem der Firma Texas Instruments, 32mm-Transponder). An dieser Stelle sollen nur die Erkennungsbereiche von zwei ausgewählten Antennenvarianten (Einzelantenne und zwei kombinierte Antennen) dargestellt werden.

Erkennungsbereiche von Einzelantennen

Der Erkennungsbereich einer einzelnen Rahmenantenne (Abb. 2) zeigte in Abhängigkeit von der Orientierung des Transponders und der Sendeleistung eine unterschiedliche Ausdehnung. In einer axialen Orientierung zur Antenne (0°) und geringer Sendeleistung liegt die maximale Reichweite (bei einer Feldstärke E von 123 dBµV/m) bei ca. 55 cm, bei höherer Leistung (131 dBµV/m) erweitert sie sich auf 75 cm. In der 90°-Orientie-

rung teilt sich der Erkennungsbereich in zwei Teile auf und die Reichweite reduziert sich auf etwa 40 cm (geringere Leistung) bzw. 55 cm (höhere Leistung). Um eine vollständige Abdeckung des Durchgangs für alle Orientierungen zu erreichen und dadurch auch der seitlichen Ausweichmöglichkeit des Tieres Rechnung zu tragen, müßte die Feldstärke bei ungünstiger Orientierung auf schätzungsweise 153 dBµV/m erhöht werden.

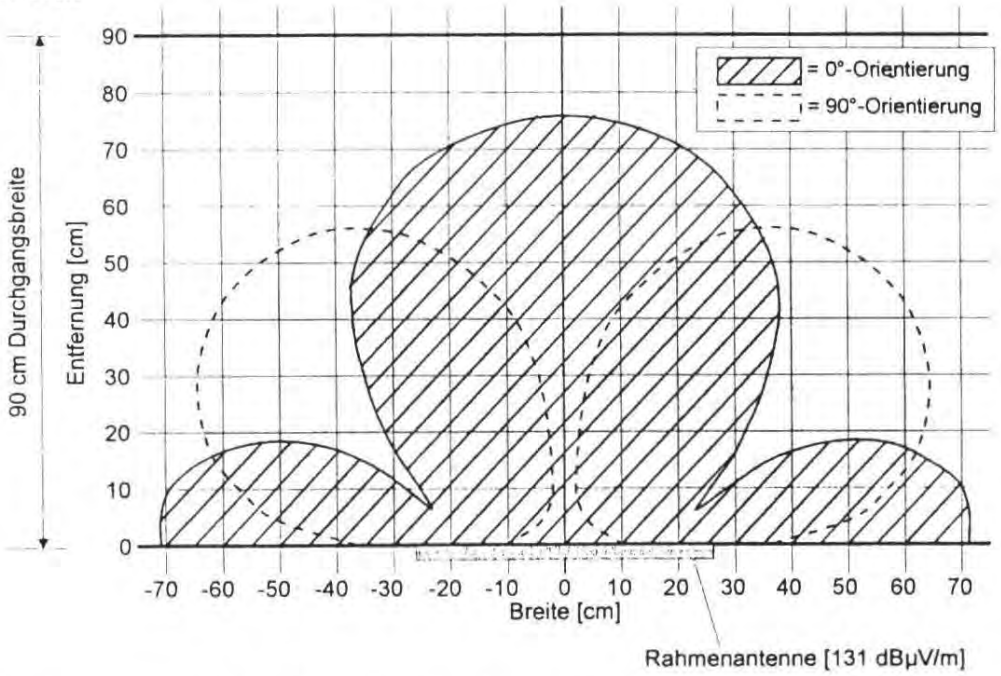


Abb. 2: Erkennungsbereich einer Einzelantenne bei unterschiedlicher Feldstärke (Antenne: G03C, TIRIS-System)

Diese Sendeleistung liegt jedoch weit über dem heute in Deutschland zulässigen Grenzwert (123 dBµV/m). Zwar wird momentan eine Angleichung der international unterschiedlichen Grenzwerte und Erhöhung diskutiert (auf 130-135 dBµV/m), es erscheint jedoch fraglich, ob mit Einzelantennen auch eine vollständige Abdeckung des Durchgangsbereiches möglich ist.

Erkennungsbereiche von kombinierten Antennen

Für den Erkennungsbereich von zwei kombinierten Antennen ergibt sich ein abweichendes Bild (Abb. 3). Der Transponder wird in der 0°-Orientierung sowohl bei niedriger als auch bei höherer Sendeleistung innerhalb der gesamten Durchgangsbreite zwischen den Antennen ausgelesen. Für die 90°-Orientierung bilden sich bei geringeren Sendeleistung zwei kleinere Bereiche, die denen der Einzelantenne vergleichbar sind. Bei höherer Feldstärke allerdings erweitern sich diese Teilbereiche, bis sie ebenfalls ein geschlossenes Feld bilden, d.h. den Durchgangsbereich abdecken. Festzuhalten ist demnach, daß mit Hilfe von zwei Ausleseeinheiten und zwei Antennen ein Erkennungsbereich aufgebaut werden kann, der eine Auslesung der Transponder unabhängig von ihrer Orientierung und Entfernung zur Antenne erlaubt. Erste Einsatzversuche zur Erkennung von Rindern im Tribgang eines Schlachthofes haben gezeigt, daß die

Laborergebnisse auch auf praktische Verhältnisse übertragbar sind. Bei der Einzelantenne konnte für den gesamten Geschwindigkeitsbereich keine zuverlässige Erkennung erreicht werden. Demgegenüber wurden die Tiere mit den kombinierten Antennen im gesamten Geschwindigkeitsbereich bis zu 5,5 m/s zuverlässig erkannt.

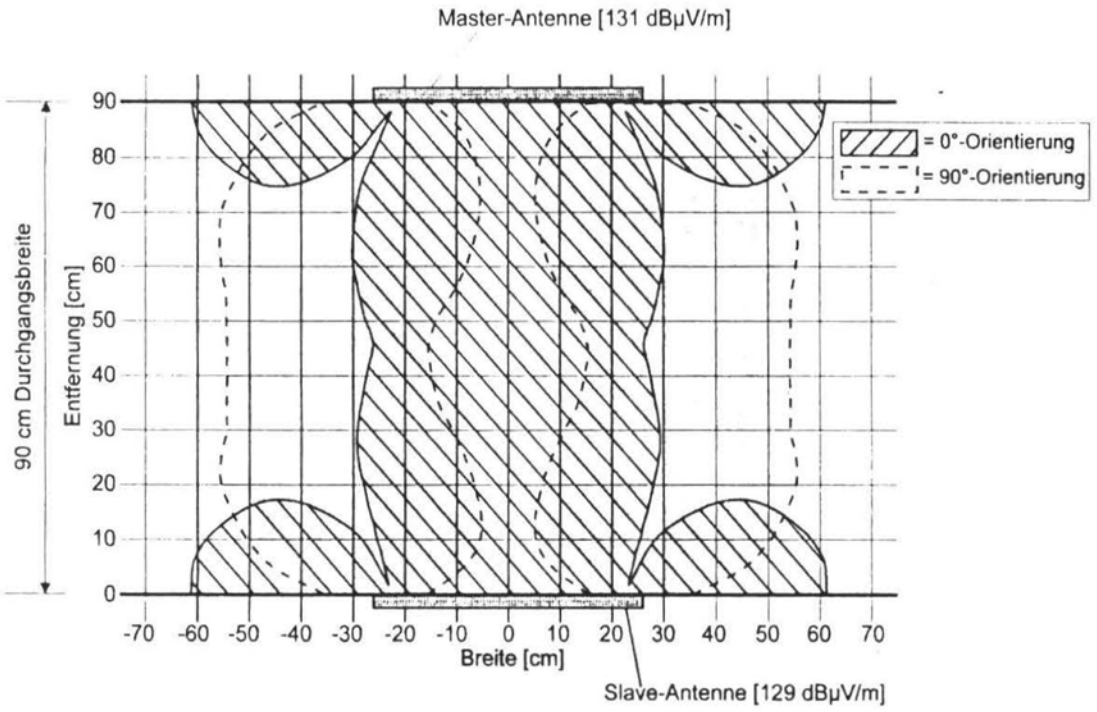


Abb. 3: Erkennungsbereich von zwei kombinierten Antennen unter Laborbedingungen (2 x G03C, TIRIS-System)

Transponderentnahme im Schlachthof

Der Zeitaufwand für die Transponderentnahme im Schlachthof wird in erster Linie durch das "Suchen" des Injektates im Gewebe bestimmt. Im Sinne eines möglichst geringen Zeitaufwandes und einer hohen Sicherheit der Entnahme wirken sich dabei eine genaue Definition der Injektionsstelle und eine hohe Lagestabilität des Transponders positiv aus. Trotzdem ist aufgrund von Wachstumsveränderungen mit einer gewissen Streuung der Transponderposition zu rechnen.

In den durchgeführten Praxisuntersuchungen zur Erarbeitung eines geeigneten Entnahmeverfahrens wurden zwei Ansätze verfolgt: zum einen eine "direkte" Entnahme, wobei der Transponder am Schlachtkörper mit mehreren Schnitten gesucht und sofort entfernt wird, zum anderen eine "indirekte" Entnahme. In diesem Verfahren sind zwei Schritte notwendig: zunächst wird der Ohrbereich durch einen tief anzusetzenden Schnitt zwischen Scutulum und Hornansatz dicht am Schädelknochen abgetrennt (Abb. 4), erst später wird der Transponder aus dem Gewebe entnommen. Dabei erfolgt eine Durchtrennung des Ohres etwa in der Mitte des Scutulums, wobei der Transponder dann in der Regel sichtbar wird und entfernt werden kann.

Es stellte sich heraus, daß eine "indirekte" Entnahme von Transpondern gegenüber der "direkten" Nachsuche am Schlachtkörper entscheidende Vorteile besitzt, denn der Takt am Schlachtband wird nicht beeinträchtigt (keine Unterbrechungen) und die eigentliche Transponderentnahme kann unter besonders günstigen Arbeitsbedingungen durch geschultes Personal erfolgen.

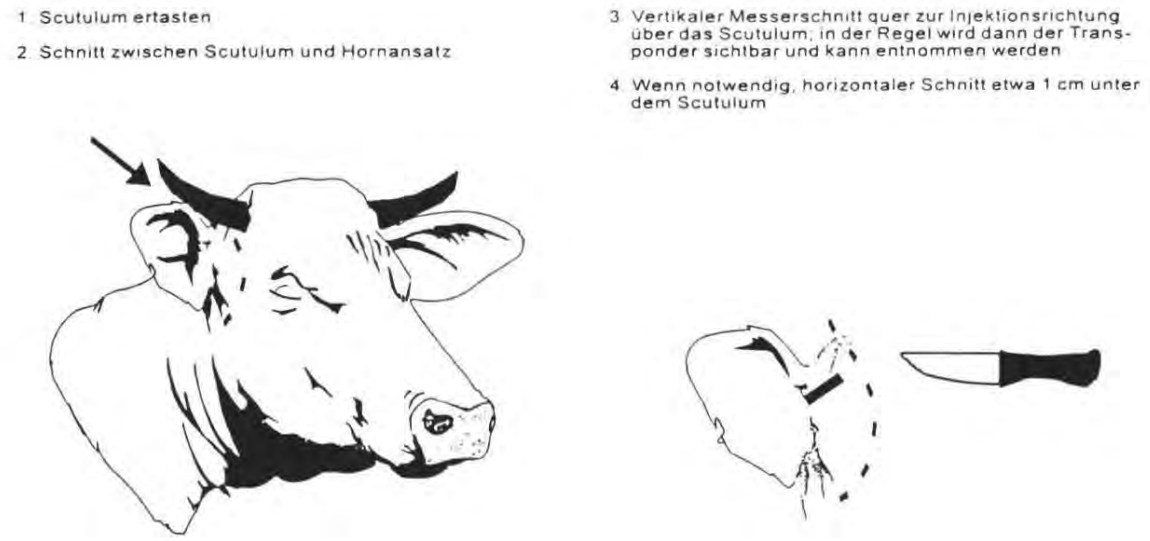


Abb. 4: Angepaßte Schnittführung zur Entnahme der Transponder in der Schlachtkette

Um eine weitere Absicherung der Transponderentnahme zu erreichen, könnte an beiden Stellen, also bei der Ohrabtrennung und der späteren Ohrzerteilung, ein zusätzliches Kontrollsystem integriert werden, wobei hierbei auch möglichen Fehlern beim Schneiden oder defekten Transpondern Rechnung getragen würde.

Schlußfolgerungen und weiterführende Arbeiten

Abschließend sollen die eingangs aufgeführten Problempunkte zusammengefaßt und die entsprechenden Lösungsansätze dargestellt werden (Abb. 5).

Die sichere Erkennung und die Transponderentnahme im Schlachthof sind vorrangig von einer günstigen und gleichbleibenden Lage des Transponders im Tierkörper abhängig. Folglich wirken sich Maßnahmen, die eine Stabilisierung seiner Lage bewirken, wie etwa eine Kunststoffbeschichtung der Transponder, positiv aus. Voraussetzung ist hierbei, daß der Transponder auch korrekt injiziert wurde. Die Beschichtung des Transponders führt zudem auch zu einer besseren Haftung im Einstichkanal nach der Injektion, so daß Verluste vermieden werden und eine höhere allgemeine Funktionssicherheit erzielt wird.

Als weitere Maßnahme zur Erhöhung der Erkennungssicherheit ist die Maximierung der Sendeleistung zu nennen, mit der die Ausdehnung des Erkennungsbereiches in bestimmten Grenzen an die Tierbewegung angepaßt werden kann. Für die besonders hohen Anforderungen einer Tiererkennung im Durchgang können kombinierte Antennen eingesetzt werden, die eine vollständige Abdeckung des Bewegungsbereiches erlauben. Hierbei ist allerdings ein höherer technischer Aufwand erforderlich, der auch eine Erhöhung der Investitionskosten mit sich bringt.

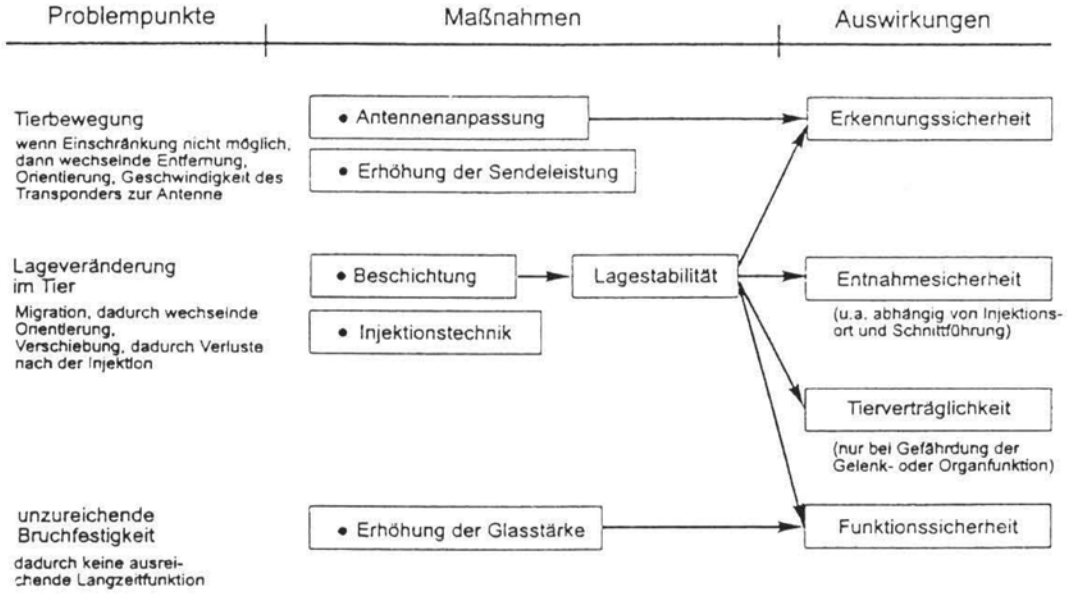


Abb. 5: Problempunkte und Lösungsansätze bei der Anwendung injizierbarer Transponder

Ein letztes Problem stellt das Zerbrechen der Glashülle des Transponders dar, das bei sehr starken Stoßbelastungen in seltenen Fällen auftreten kann. Wie Einsatzversuche hierzu jedoch gezeigt haben, ist durch eine geringfügige Erhöhung der Glasstärke eine deutliche Steigerung der Bruchfestigkeit zu erzielen.

Nachdem einige grundlegende technische Fragen zum Schwerpunkt "sichere Erkennung" und "Verhalten des Transponders im Tierkörper" untersucht wurden, werden sich weitere Untersuchungen mit der Absicherung der bisher erzielten Ergebnisse in Praxisversuchen, vor allem aber mit der weiteren Verbesserung der Entnahmetechnik befassen. Darüber hinaus werden zukünftig auch die Integration von Temperatursensoren und die Verwendung der dabei gewonnenen Daten eine zentrale Stellung einnehmen.

Literatur

PIRKELMANN, H.; KERN, C.: Integration and performance of electronic ID-systems in a calf-, horse- and lamb feeding system. In: Comett II Course on Animal Monitoring and Identification, Port, Portugal, 22.04.-25.04.1992

SPAHR, S.L.; SURBER, R.S.: Practical experiences with automated electronic animal identification using injected identification transponders. In: Prospects for Automatic Milking, Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking, Wageningen, Netherlands, 23 - 25. Nov. 1992, Hrsg.: Ipema et al., EAAP Pub. No. 65, S. 546-551

Elektronische Körpertemperatur- und Aktivitätsmessung bei Mutterkühen

Ulrich Brehme und Detlef Werner[1]

Einleitung

Mutterkuhhaltung bedeutet Rinderhaltung mit Kühen zur Kälbererzeugung ohne Milchgewinnung. Betriebe mit dieser Produktionsrichtung bringen somit keine zusätzliche Milch auf den Markt. Die Wirtschaftlichkeit des Betriebes ergibt sich aus der Marktleistung der verkauften Tiere - selektierte Kühe, abgesetzte Kälber zur Weitermast bzw. ausgemästete Tiere und Zuchttiere - sowie den verschiedensten Tierprämien und Ergänzungsbeiträgen bei extensiver Tierhaltung.
In Deutschland gab es 1993 rund 440.000 Mutter- bzw. Ammenkühe. Davon entfielen 7,4 % oder 32.500 Tiere auf das BL Brandenburg. Die Hauptzielrichtungen für die Haltung von Mutterkühen sind:

- umweltverträgliche Verwertung der auf Dauergrünland anfallenden Biomasse in Form von Grünfutter,
- Produktion von Qualitätskälbern für die Rindermast ohne Milchanfall,
- sinnvolle Umnutzung vorhandener Altgebäude und baulicher Anlagen landwirtschaftlicher Betriebe,
- Erzeugung hochwertiger Zuchttiere mit guten Leistungsanlagen für die Qualitätsfleischproduktion,
- Pflege und Erhalt der Kulturlandschaft in gezielten Vorhaben zur extensiven Grünlandnutzung oder in speziellen Naturschutzprogrammen.

Das Jahreseinkommen mutterkuhhaltender Betriebe hängt entscheidend von solchen Produktionsgrößen wie Fruchtbarkeit, Tierverluste, tägliche Zunahmen, Schlachtkörperqualität und Herdenmanagement ab. In der Mutterkuhhaltung wird der Erlös allein durch das aufgezogene und vor allem vermarktungsfähige Kalb bestimmt. Selbst bei einem Fortbestehen der gegenwärtigen Mutterkuhprämien und der Grünlandbeihilfen kann der Landwirt nur zufriedenstellend wirtschaften, wenn er pro Kuh und Jahr **ein Kalb** erzielt.

[1] Dr. agr. U. Brehme und Dipl.-Ing. (FH) D. Werner, Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

Nach Angaben aus der Literatur von BALLIET (1994), GOLZE (1994), ROFFEIS (1994), SCHWARK (1992) sowie KARWATH und WEIHER (1993) liegen die Geburts- und Aufzuchtverluste in der Mutterkuhhaltung zwischen 3 bis 21 % in Abhängigkeit von wesentlichen Einflußfaktoren, wie:

- Haltungsform der Mutterkühe im Winterhalbjahr,
- gewählte Abkalbeperiode,
- Ort der Abkalbung,
- der Herdengröße,
- Rassegruppen,
- Geburtsbeobachtung/-überwachung,
- Fütterungsintensität der Mutterkühe post bzw. ante partum.

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erlauben es immer seltener, vorhandenes Grünland weitgehend durch Milchvieh zu verwerten. Als Alternative dazu erhält die Mutterkuhhaltung wachsende Bedeutung. Dieser Entwicklung kommt entgegen, daß Mutterkühe sich wegen ihrer relativ geringen Ansprüche an Haltung und Fütterung vorzugsweise für die Nutzung extensiv bewirtschaftetes Grünlandes eignen und sich insofern gut in den Dienst der Landschaftspflege stellen lassen. Andererseits sind die Möglichkeiten, durch Mutterkuhhaltung befriedigende Einkünfte zu erwirtschaften, nur gering. Damit ist für diese Produktionsrichtung der Rinderhaltung ein dringender Bedarf vorhanden, für ein auf objektiven Daten fußendes, gezieltes Herdenmanagement.
Es besteht die Aufgabe, solche technischen Neuentwicklungen und Systemlösungen zu erarbeiten und in das Verfahren zu integrieren, die eine aufwandarme und dennoch zuverlässige Tierkontrolle ermöglichen und dazu beitragen, Mutterkuhhaltung tiergerecht und verlustarm zu betreiben.
Dazu bietet sich die elektronische Erfassung tierphysiologischer Meßdaten, ihre Fernübertragung und rechnergestützte Anwendung an.
Während diese Probleme für Milchvieh in Kopplung mit dem Melkprozeß weitgehend gelöst sind, gibt es für Mutterkühe keine zufriedenstellenden Lösungen.
Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse wurden zur umwelt- und tiergerechten Haltung von Rindern ab 05/94 Untersuchungen zur Nutzbarmachung elektronischer Temperatur- und Aktivitätsmessungen bei Mutterkühen, mit Datenfernübertragung und rechnergestützter Auswertung der Daten für eine zuverlässige Brunstkontrolle, Tiergesundheits- und Geburtsüberwachung aufgenommen.

Material und Methode

Der Verlauf der Körpertemperatur gilt mit seinen Abweichungen zu bestimmten Zeitpunkten im Reproduktionszyklus als sicherer Indikator für **Brunsterkennung, Erkrankung oder Geburtsbeginn beim Tier**. Ähnlich verhält es sich im ethologischen Bereich mit den Bewegungsaktivitäten (Motionsverhalten) der Tiere. Auch hier sind Abweichungen von der Norm in den negativen wie in den positiven Bereich ein sicheres Indiz für die o. g. Kriterien.
Das auf dem Markt angebotene Gerätesystem **ETHOSYS** zur Verhaltensüberwachung von Wirbeltieren im Freiland schien uns für die vorgesehenen Untersuchungen geeignet. Abb. 1 zeigt das Gerätesystem „ETHOSYS" mit seinen wichtigsten Systemkomponenten.

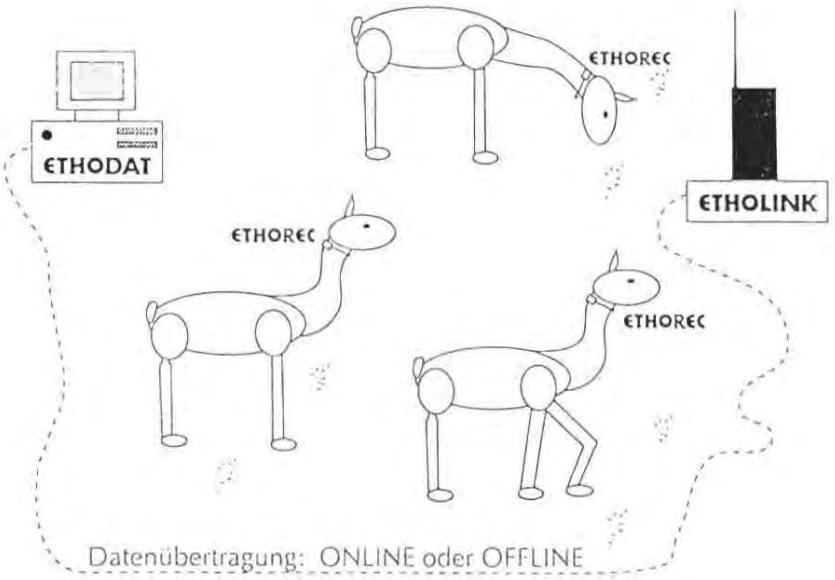


Abb. 1: Gerätesystem ETHOSYS - wichtigste Systemkomponente

Nach ersten intensiven Zeitstudien über die Dauer von wichtigen Verhaltensaktivitäten mit Testhalsbändern sowie Schrittmessungen mit Pedometern aus dem Leistungssportbereich wurden dem beteiligten Industriepartner IMF technology GmbH Frankfurt/O. Zeitvorgaben für die vorgesehenen Meßparameter unterbreitet. Diese von-bis-Zeiten registrierten in entsprechenden Zeitfenstern der Halsbandelektronik in vorgegebenen 1- bzw. 2-Minuten-Meßintervallen die Gesamtaktivität der Versuchstiere im Tagesverlauf. Durch einen Lagesensor gekoppelt mit einem Diskriminierungswinkel von 75° war es möglich, die Kopfhaltung (Kopf oben - Kopf unten) mit Teilaktivitäten wie Fressen und Wiederkauen zu verknüpfen. Die restlichen Zeiteinheiten eines Meßintervalls entsprechen dann der allgemeinen Aktivität des Tieres und umfassen damit Kri-

terien wie Laufen, Stehen, Ruhen und alle Sozial- und Sexualverhaltensaktivitäten. Die Versuchshalsbänder, später auch die Versuchsfußbänder für die vorgesehenen Langzeitmessungen der Meßparameter zur Ermittlung von repräsentativen **Normverlaufskurven** für die Motionsaktivitäten, wurden vom o. g. Industriepartner angefertigt und bereitgestellt.

Aus objektiven Gründen, Konkursverfahren der Lieferfirma **AGRIVISION** war eine Bereitstellung von Implantaten mit Thermosensoren zur Messung der Körpertemperatur nicht möglich. Durch einen neuen Industriepartner erfolgt die Bereitstellung der benötigten Implantate im 1. Halbjahr diesen Jahres.

Abb. 2 zeigt mit der dargestellten „Alarmliste" das Zielprodukt für den Landwirt. Anhand der Verknüpfung der beiden Parameter **Körpertemperatur** und **Aktivität/Bewegung** ist unter Berücksichtigung des Trächtigkeisstatus des Tieres zu entscheiden, ob für das betreffende Tier eine **Brunst, Erkrankung** oder **Geburt** zutreffend ist.

Meßwerte		**Parameter - Herdenmanagement**		
		Tiergesundheit gefährdet - Tierarzt -	**optimaler Konzeptionszeitpkt. - Besamung -**	**optimaler Geburtszeitpunkt - beobachten!! -**
Körpertemperatur ($K_{t°}$)	$K_{t°}$ pos. von Norm (Anstieg)	●■●	●	
	$K_{t°}$ neg. von Norm (Abfall)			●
Motionsaktivität	A/d pos. von Norm (Anstieg)		●	
	A/d neg. von Norm (Abfall)	●■●		●

Legende: $K_{t°}$ = Körpertemperatur in Grad
A/d = Aktivitäten/Tag
Trächtigkeitsstatus: ● nach Abkalbung
■ T. U. positiv
● hochtragend

Abb. 2: „Alarmliste" für den Landwirt zur Festlegung der Diagnose des Einzeltieres

Ab Mai 1994 begannen mit zwei modifizierten Halsbändern erste Tastversuche zur Meßwerterfassung der Versuchsparameter in einer Fleckviehherde von 130 Tieren.
Mit insgesamt acht Versuchsbändern an sechs Versuchstieren wurden im August 1994 Langzeitmessungen mit der Zielstellung aufgenommen, in der ersten Versuchsperiode bis zum Weideabtrieb am Jahresende Verhaltens- und Bewegungsaktivitäten bei Mutterkühen auf der Weide zu erfassen.

Praxisversuche

Die erste Versuchsperiode umfaßte den Zeitraum von August bis Dezember 1994 und wurde mit drei verschiedenen Versuchsbandgenerationen betrieben.
Mit der 1. Generation der Versuchsbänder begannen im August die Langzeituntersuchungen der Tieraktivitäten an vier Kühen. Der hohen Belastung mit Aufzeichnungsintervallen im 1- bzw. 2-Minuten-Takt, die damit verbundene Meßdatendichte und dem Verhalten der Mutterkühe auf der Weide waren diese Bänder nicht gewachsen. Es traten sowohl am Gehäuse als auch an der Elektronik der Bänder Defekte auf. Bereits nach 14 Tagen mußten alle Bänder einer technischen Überprüfung unterzogen werden, wobei vom Hersteller neue, verbesserte Elemente eingesetzt wurden, wie z. B. schwarze, stabilere Schrumpfschläuche, veränderte Dichtheitsverschlüsse am Elektronikgehäuse, veränderte Halsbandausführung u.a.m. Im Oktober wurde erstmals der Prototyp eines Fußbandes eingesetzt, das sich jedoch als völlig ungeeignet erwies. Eine modifizierte, verkürzte Variante mit Stahlgehäuse entsprach gleichfalls nicht den Erwartungen der Versuchsansteller. Erst die Weiterentwicklung dieses Gehäuses unter Verwendung mit Plastschrumpfschlauch brachte auch über längere Zeiträume auswertbares Datenmaterial. Durch die hohe Datendichte bei den Meßintervallen war es erforderlich, täglich die Versuchsbänder auszulesen. Da bei einem vollgespeicherten Band mit 2047 Datensätzen ca. 8,5 min Übertragungszeit erforderlich sind, kam es mit der stationären Datenübertragung an der Tränke der Tiere zu erheblichen Datenverlusten, weil die Verweildauer der Tiere wesentlich kürzer ist, und es durch soziale Rangfolgerangeleien und andere Ursachen nicht zu einer ruhigen, kontinuierlichen Datenübertragung kommen konnte. Im September wurde deshalb vom Hersteller eine mobile Antenne bereitgestellt, mit der die Versuchsansteller täglich bei den Versuchstieren auf der Weide die Daten auslesen mußten. Nachfolgend sind die wichtigsten Mängel am Gehäuseteil der Elektronik und an der eingesetzten Elektronik im Versuchszeitraum von August bis Dezember 1994 aufgeführt:

- mangelnde Dichtheit (Feuchtigkeitseintritt) der verwendeten durchsichtigen Schrumpfschläuche und damit verbunden Elektronikausfälle und -schäden,

- die Halsbandausführung am Schrumpfschlauch mit der Elektronik führte in der ersten Versuchsperiode bis Ende September zu zahlreichen Abrissen (Totalverluste) der Elektronik, weil es bei normalen Sozialpflegeaktivitäten der Tiere (Scheuern, Schubbern) an Pfosten, Bäumen o.ä. zum Abriß der Elektronik vom Halsband kam,
- Totalausfälle der Aufzeichnungselektronik durch Materialfehler oder technische Mängel in der Fertigung sowie zu hoher Materialbelastung durch die Versuchstiere (Bruch von Sensorteilen, Platten u.d.g.).

Bei den eingesetzten unterschiedlichen Elektronikteilen (Solarzellen, Primärbatterien, Lithiumzellen) kam es zu folgenden Problemen:
- diskontinuierliche Datenaufzeichnung der aufgelaufenen Meßdaten,
- Übertragungsprobleme bei den Datensätzen aus den Halsbändern mit der stationären bzw. mobilen Übertragungsstation,
- falscher Datenzählerstand im Versuchshalsband und Datenverluste beim Bandauslesen,
- Sensorausfälle und falsche Zeichen in den übertragenen Datensätzen.

Trotz der genannten Probleme konnten bei den einzelnen Versuchstieren längere Meßperioden mit kompletten Datensätzen für die Auswertung herangezogen werden.

Ergebnisse/Schlußfolgerungen

Obwohl es aus genanntem Anlaß nicht möglich war, Thermosensoren als zweite Komponente in der Versuchsanstellung einzusetzen, wurden bei der Auswertung des Datenmaterials für die Aktivitäten der Tiere die erwarteten positiven Tendenzen erzielt. In Abb. 3 ist der normierte und reale Tagesaktivitätsverlauf, ermittelt mittels Pedometer am Fuß, von zwei Versuchstieren über jeweils 10 Versuchstage dargestellt. Zum Zeitpunkt der Datenerfassung waren beide Tiere nicht tragend. Das Tier Nr. 70066 zeigt auf hohem Niveau einen sehr ausgeglichenen Aktivitätsverlauf im Gegensatz zu Tier Nr. 10433, das erhebliche Aktivitätsschwankungen auf einem niedrigeren Level erkennen läßt. Bei den dargestellten Aktivitäten handelt es sich um Schrittimpulse im Tagesverlauf, die am Morgen (7.00 Uhr) und am Abend (19.00 Uhr) erfaßt wurden. In weiteren Auswertungen wurden die Langzeitaktivitäten der Versuchstiere analysiert. Die normierten Aktivitätswerte im Tagesverlauf zeigen dabei eindeutig einen biorhythmischen Verlauf mit Aktivitätsspitzen um die Mittagszeit und Tiefstwerten um Mitternacht.

Witterungseinflüsse sind ebenso wie das Futterangebot (Grasbestand der Weideflächen) nachweisbar. Gehäufte Aktivitäten als Ausdruck für eine bevorstehende Brunst konnten nicht festgestellt werden, da alle Versuchstiere bereits trächtig waren.

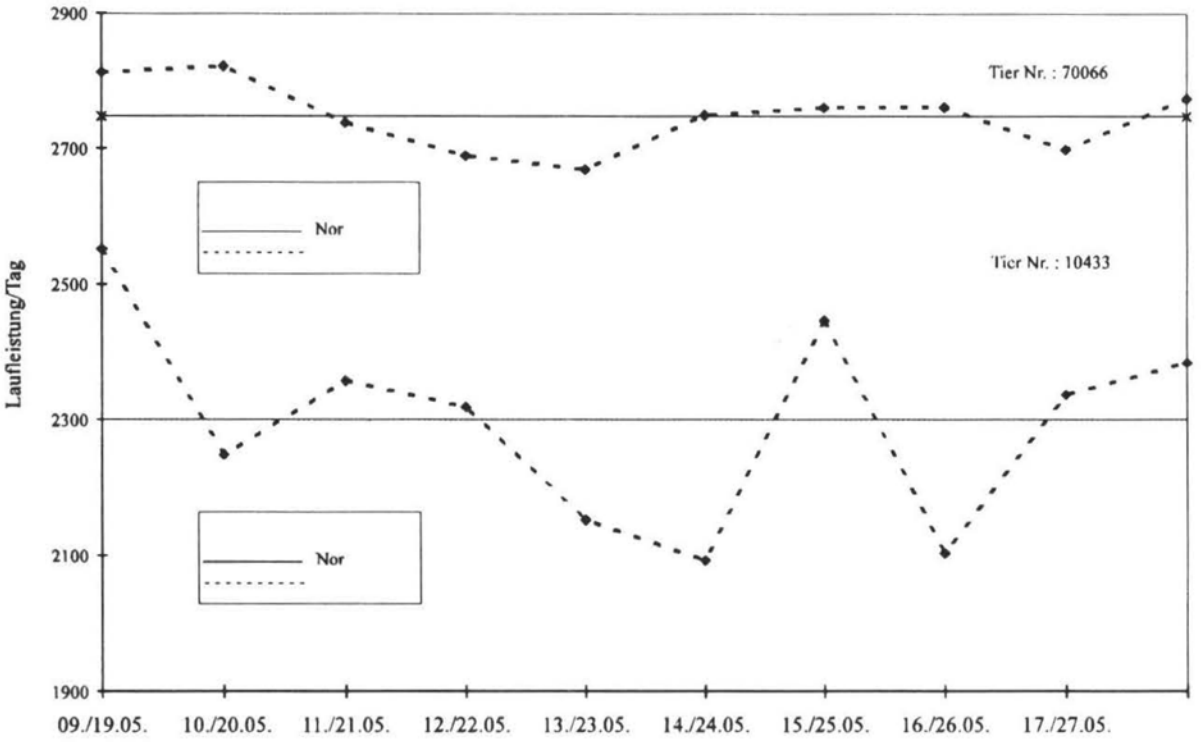


Abb. 3: Laufaktivität der Versuchstiere Nr. 70066 und 10433 (Pedometermessungen)

Aus den Anschlußuntersuchungen von Januar und Februar 1995 wurde die Abb. 4 erstellt. Die Abbildung zeigt den Aktivitätsverlauf eines Versuchstieres im geburtsnahen Zeitraum. Die ausgewertete Periode vom 07.01 bis 18.02.95 zeigt deutlich ein Absinken der Aktivität im Zeitraum vom 21. bis 25.01.95, die Phase vor der unmittelbar bevorstehenden Geburt. Die Geburt des Kalbes erfolgte am 26.01. gegen 13.00 Uhr und ist mit einem sichtbaren Aktivitätsanstieg bis zum 27.01.95 verbunden, pegelt sich dann auf einem deutlich höheren Aktivitätsniveau als vor der Geburt ein.
Die Erfassung dieser Daten erfolgte mit einem Versuchshalsband und den festgelegten Aktivitätsfenstern. Derzeit laufen an weiteren Tieren Erfassungen im geburtsnahen Zeitraum mit veränderten Zeitbausteinen hinsichtlich der Erfassungsintervalle (5-Minuten-Takt). Es bestehen berechtigte Aussichten, auf Pedometerwerte mit Fußbändern zu verzichten, da die Halsbandaufzeichnungen deutliche Aktivitätsaussagen mit den erwarteten Schwankungen in der bevorstehenden Geburtsphase liefern, die bei späteren Versuchen mit Thermosensoren sichere Vorhersagen zur Brunsterkennung, zu möglichen Erkrankungen und zur bevorstehenden Geburt liefern können.

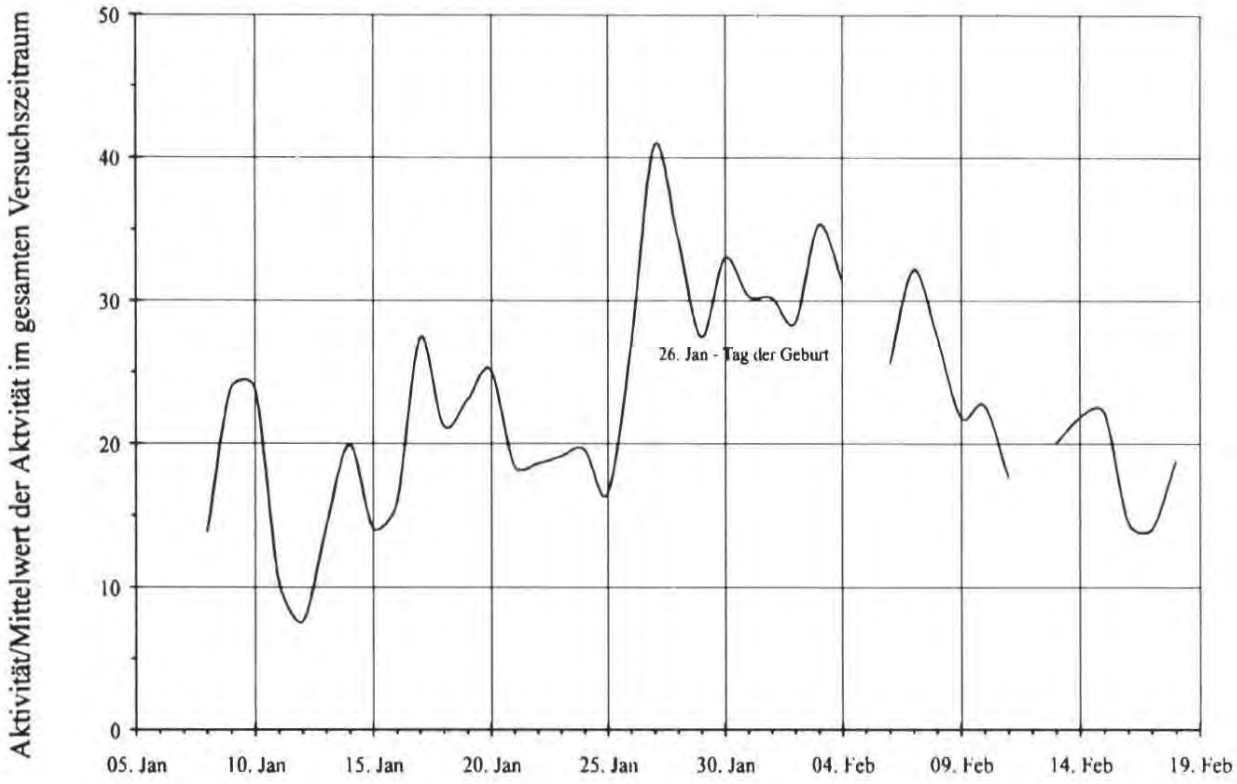


Abb. 4: Aktivitätsverlauf von Versuchstier Nr. 22866 mit Kalbung

Literatur

BALLIET, U. (1994): Management und Betriebsorganisation in der Mutterkuhhaltung. Fachtagung „Produktionstechnik und Marketing in der Mutterkuhhaltung" Groß Kreutz am 26.04.1994.

KARWATH, H. &WEIHER, O. (1993): Extensive Produktion braucht intensives Management. Neue Landwirtschaft 06/1993, S. 7-10.

ROFFEIS, M. (1994): Mutterkuhhaltung - ein Verfahren zur Produktion von Rindfleisch und Zuchtvieh und zur Pflege der Kulturlandschaft. Umweltgerechte und landschaftspflegende Tierhaltung, MELF Brandenburg, S. 18-23.

ROFFEIS, M. (1994): Ergebnisse zur Mutterkuhhaltung im Land Brandenburg. LVAT-info 07/1994.

SCHWARK, H.-J. (1992): Erst rechnen - dann entscheiden. Neue Landwirtschaft 02/1992, S. 66-67.

Grundlagenuntersuchungen zur Quantifizierung der Haupteinflußfaktoren auf die Freisetzung von Ammoniak

Eberhard Hartung, Wolfgang Büscher und Thomas Jungbluth[1]

Einleitung

Um Ammoniakemissionen aus Stallanlagen zu reduzieren, kommen neben der präventiv wirkenden eiweißreduzierten Fütterung vor allem den Verfahrenstechniken der Entmistung und der Luftführung eine besondere Bedeutung zu. Etwa 80 % des aus der Stallanlage emittierten Stickstoffs stammen aus dem Flüssigmist bzw. dem beschmutzten Fußboden (KRAUSE et al., 1987). Die Höhe des Stoffübergangs von Ammoniak aus einer Flüssigkeit an die Luft hängt vor allen Dingen von der Überströmungsgeschwindigkeit, der emittierenden Kontaktoberfläche sowie ihre Beschaffenheit (Schwimmschicht) ab. Um die Wirkung der Haupteinflußfaktoren auf die Ammoniakfreisetzung quantifizieren zu können und an dieser Stelle ansetzende Reduzierungsmaßnahmen zu entwickeln, wurden Meßreihenuntersuchungen in einem modifizierten Windkanal unter Laborbedingungen durchgeführt.

Methode

Der für die Laboruntersuchungen modifizierte Windkanal (Abb. 1) ist mit einem Versuchsraumvolumen von etwa 50 m³ zur Simulation von Stallsegmenten im Maßstab 1:1 geeignet (HARTUNG et al., 1994). Im Versuchsraum können alle strömungstechnischen Parameter sowie der Zustand der Zuluft homogen und reproduzierbar eingestellt werden. Angaben zur meßtechnischen Ausstattung können Tabelle 1 entnommen werden. Um eine möglichst gute Ausgangsbasis für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den Labor- und Praxisuntersuchungen zu haben, wurde in allen Fällen das gleiche Meßsystem benutzt. Kernstück des entwickelten Meßsystems bildeten ein kontinuierliches ansaugendes

[1] Dipl.-Ing. agr. E. Hartung, Dr. W. Büscher und Prof. Dr. T. Jungbluth, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

Gasanalysegerät, über das schon gute Erfahrungen bezüglich der Konzentrationsmessung von Ammoniak im Praxiseinsatz vorlagen (BÜSCHER et al., 1992) sowie groß dimensionierte Flügelradanemometer (Meßventilatoren) zur Luftvolumenstromerfassung. Die Meßventilatoren erfassen den gesamten Abluftquerschnitt und verfügen über eine hohe Meßgenauigkeit (BÜSCHER, 1992).

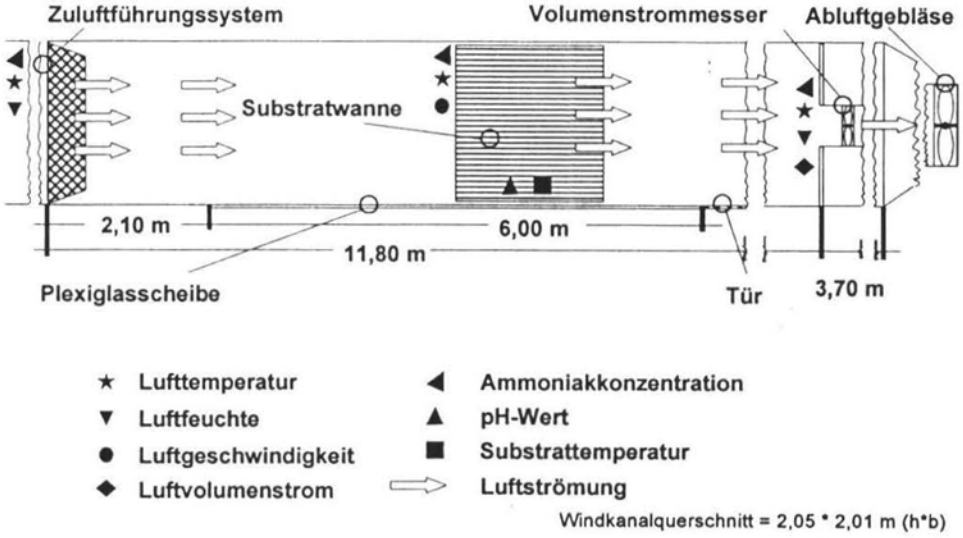


Abb. 1: Draufsicht auf den für die Quantifizierung der Ammoniakfreisetzung modifizierten Windkanal

Tab. 1: Meßtechnische Ausstattung für die Labor- und Praxisuntersuchungen

Meßgröße	Meßgerät	Meßprinzip	Einheit	Meßbereich
◀ Ammoniak	BINOS® Gasanalysator	Strahlungsabsorption im IR/VIS u. UV-Bereich	ppm	0 bis 100
◆ Volumenstrom	Flügelrad-anemometer	Frequenzmessung	m³/h	500 bis 7000
● Luftgeschwindigkeit	Thermischer Strömungssensor	Temperatur- u. Richtungskompensiert	m/s °C	0,06 bis 20 -40 bis +85
■ ★ Temperatur	Thermoelemente	Nickel-Chrom/ Nickel	°C	-40 bis +105
▼ rel. Luftfeuchtigkeit	Psychrometer	Temperaturdifferenz feuchter / trockener Sensor	%	0 bis100
▲ pH-Wert	pH-Meter	Spannungsvergleich nach Prinzip des galvanischen Elements	pH	0 bis 14

Um bei den Laborversuchen eine negative Beeinflussung der Ergebnisse durch die Ausbildung von Schwimmschichten auszuschließen, wurden die Meßreihenuntersuchungen mit der flüssigen Phase von separiertem Flüssigmist (Rind/Schwein) durchgeführt.

Ergebnisse

Bei den Versuchen zum Einfluß der Luftgeschwindigkeit auf den Stoffübergang von Ammoniak, wurde die Übertsrömumgsgeschwindigkeit in sechs Stufen in einem praxisrelevanten Bereich variiert. Mit einer Zunahme der Luftgeschwindigkeit direkt über der Kontaktoberfläche (in 5 mm Höhe) konnte ein linear ansteigender Stoffübergang von Ammoniak festgestellt werden (Abb. 2). Der Stoffübergang von Ammoniak an die Luft kann also als ein geschwindigkeitsproportionaler Vorgang beschrieben werden.

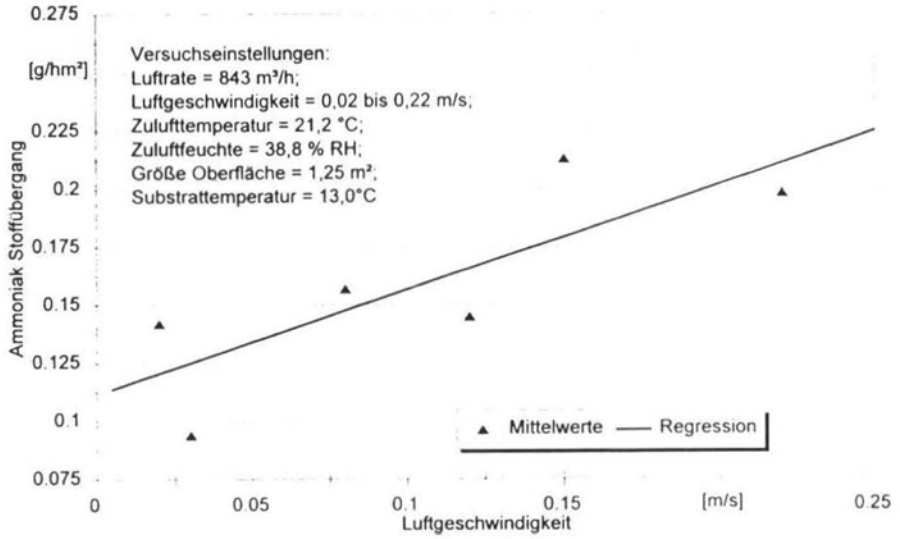


Abb. 2: Einfluß der Luftgeschwindigkeit auf den Stoffübergang von Ammoniak aus der flüssigen Phase von separiertem Flüssigmist

Um den Einfluß der Größe der Kontaktoberfläche auf die Freisetzung von Ammoniak quantifizieren zu können, wurde die Oberfläche in vier Stufen variiert. Für die ersten drei Versuchseinstellungen ist, wie zu erwarten war, eine nahezu direkt proportional ansteigende Ammoniakemission zu beobachten. Lediglich bei der letzten Versuchseinstellung liegt der ermittelte unter dem erwarteten Wert (Abb. 3). Die Ursache hierfür ist wahrscheinlich darin begründet, daß immer ein gleich großes Substratvolumen (120 l) benutzt wurde, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Varianten zur erreichen. Beim letzten Versuch (2,75 m^2 Kontaktoberfläche) war daher nur noch eine Substratschichtdicke von 4,4 cm vorhanden. Das vorhandene Nachlieferungspotential einer solchen flachen Emissionsquelle reichte vermutlich nicht mehr aus, um das durch die Kontaktoberflächengröße vorhandene Freisetzungspotential gänzlich auszuschöpfen.

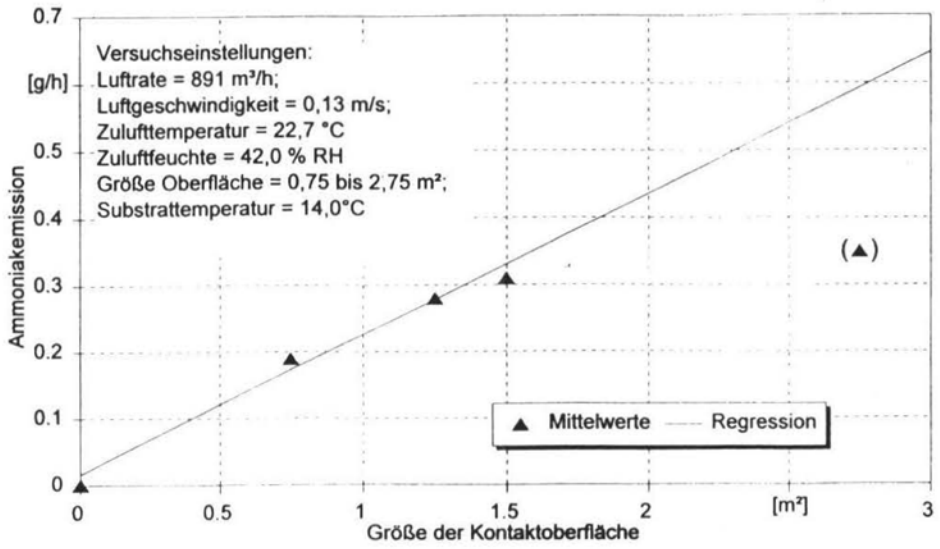


Abb. 3: Einfluß der Größe der emittierenden Kontaktoberfläche auf die Ammoniakfreisetzung aus der flüssigen Phase von separiertem Flüssigmist

Um den Einfluß der Beschaffenheit der Kontaktoberfläche auf den Stoffübergang von Ammoniak zu untersuchen, wurde auf die flüssige Phase des separierten Flüssigmists eine 20 mm dicke Schicht aus Styroporkugeln aufgegeben. Die aufgebrachte Schicht konnte den Stoffübergang an Ammoniak um etwa 66 % reduzieren (Abb. 4).

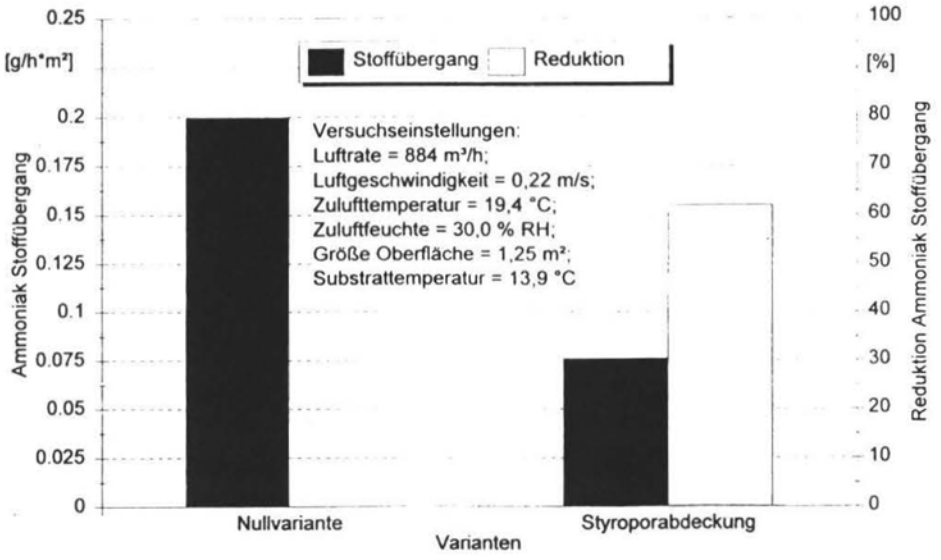


Abb. 4: Einfluß einer 20 mm dicken künstlichen Schwimmschicht aus Styroporkugeln auf den Stoffübergang von Ammoniak aus der flüssigen Phase von separiertem Flüssigmist

Durch das Aufbringen der künstlichen Schwimmschicht wurde die Luftströmung daran gehindert direkt über die emittierende Fläche zu strömen. Deshalb konnte es zu keiner turbulenten Diffusion des Ammoniaks an die Luft kommen. Darüber hinaus verursachte

die Schwimmschicht eine indirekte Verkleinerung der Kontaktoberfläche.

Bei Laborversuchen zum Einfluß der oben genannten Faktoren auf die Ammoniakfreisetzung aus einer ungepufferten wäßrigen Ammoniaklösung (Modellsubstanz) ergaben sich die gleichen Tendenzen, wie bei den Untersuchungen mit der flüssigen Phase von separiertem Flüssigmist. Desweiteren konnten mit der Modellsubstanz die zu erwartenden chemisch-physikalischen Abhängigkeiten bezüglich des Einflusses von pH-Wert, Temperatur und Partialdruck auf die Ammoniakfreisetzung quantifiziert werden.

Die Praxisversuche zur Minderung der Ammoniakemissionen aus der Schweinehaltung wurden in einem zwangsbelüfteten Jungsauenaufzuchtstall durchgeführt (KECK et al., 1994). Die Eignung des für die Laboruntersuchungen entwickelten Meßsytems für den Einsatz unter Praxisbedingungen wurde mit Hilfe einer Gesamtstickstoffbilanzierung validiert. Die Gehalte im Futter, im Flüssigmist sowie die Retention der Tiere konnten analytisch beziehungsweise rechnerisch relativ genau ermittelt werden. Der Stickstoff-Output durch den Flüssigmist, die Retention der Tiere und die in der Abluft gemessenen Ammoniakemissionen wurden summiert und der durch das Futter eingebrachten Gesamtstickstoff-Zufuhr gegenübergestellt. Hierbei ergab sich lediglich eine Differenz von 5 %, die von der Bilanzierung nicht erfaßt wurde (Abb. 5). Diese Differenz könnte durch die unterstellte Retention der Tiere, Analysefehler oder andere, den Stall durch die Abluft verlassende, flüchtige Stickstoffverbindungen verursacht worden sein.

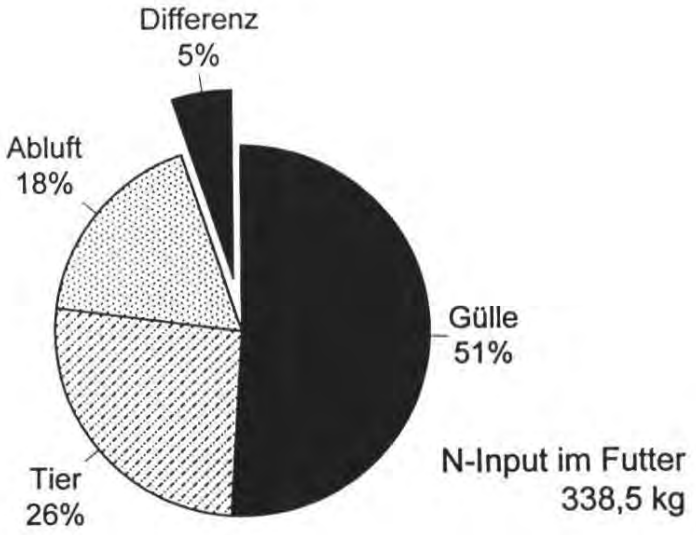


Abb. 5: Stickstoffbilanz des Jungsauenaufzuchtabteils für einen zehnwöchigen Untersuchungszeitraum

Neben der Schadgaskonzentration in der Abluft ist die Luftqualität im Tierbereich das wichtigste Kriterium für die Beurteilung eines Lüftungssystems. Da die Tiere permanent und der Mensch während der Stallarbeit der Raumluft ausgesetzt sind, ist eine möglichst niedrige Ammoniakkonzentration anzustreben. Abbildung 6 stellt den Tagesgang der Raumluft-und Abluftkonzentration, sowie der Ammoniakemission für eine typische Sommersituation dar. Hierbei zeigte sich, daß die Luftrate, die Innenraumtemperatur sowie die Tieraktivität einen wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Ammoniakemissionen haben. Die Erfassung solcher typischen tageszeitlichen Effekte ist ausschließlich durch kontinuierliche Messungen möglich.

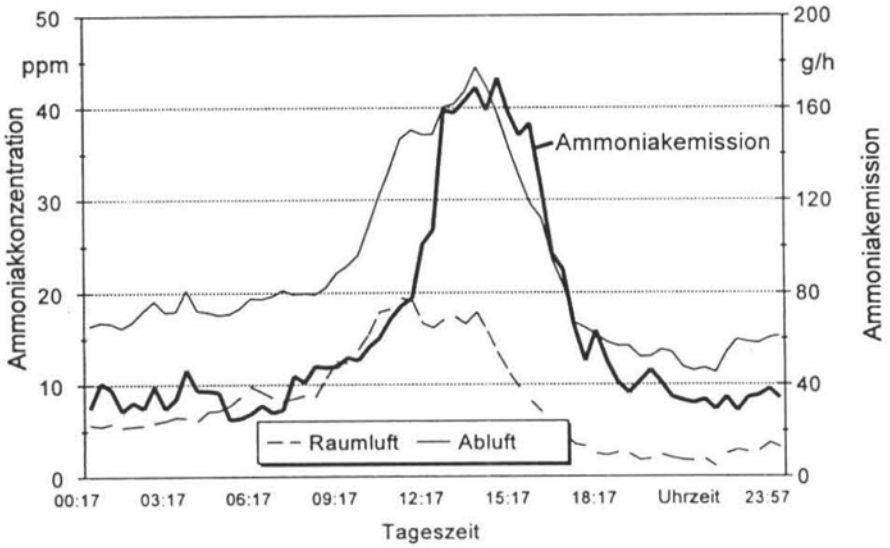


Abb. 6: Typischer Sommertagesgang der Konzentration in der Raum- und Abluft sowie der Ammoniakemission eines Jungsauenaufzuchtabteils

Ein Praxisversuch zur Reduzierung der Ammoniakemissionen mit Hilfe einer nachgeschalteten biologischen Abluftwäsche wurde an einem Abferkel- und Ferkelaufzuchtstall durchgeführt (LAIS et al., 1995). Entgegen den oben dargestellten Laboruntersuchungen war es das Ziel dieser Versuche, den Einfluß der sorbierenden Oberfläche und der Durchströmungsgeschwindigkeit auf die Ammoniak- und Geruchsabscheidung zu ermitteln.

Bezüglich des Einflusses der Größe der Kontaktoberfläche ergab sich bei den Versuchen eine nahezu konstante Abscheideleistung in Abhängigkeit zur inneren Oberfläche der Füllkörper im Wäscher. Ebenso wie bei der Freisetzung, hat die Größe der wäßrigen Kontaktoberfläche eine direkte Beziehung zur Absorption von Ammoniak.

Desweiteren zeigte sich bei den Untersuchungen eine Beziehung zwischen der Passagegeschwindigkeit der Abluft durch die Füllkörper des Wäschers und der Abscheideleistung von Ammoniak. Mit zunehmender Luftgeschwindigkeit (d.h. abnehmender Kontaktzeit) sinkt die Abscheideleistung von Ammoniak und damit der Wirkungsgrad des Abluftwäschers (Abb. 7). Bei Passagegeschwindigkeiten im Bereich von 3,5 m/s scheint die Kontaktzeit für die Ammoniakabsorption bereits so gering zu sein, daß es nur noch zu einer äußerst geringen Abscheideleistung kommt.

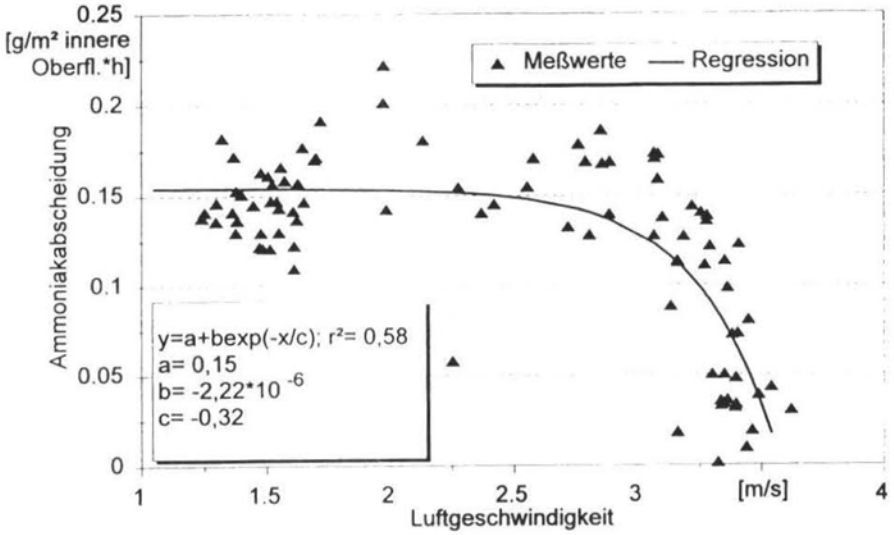


Abb. 7: Beziehung zwischen der Passagegeschwindigkeit und der Abscheideleistung von Ammoniak eines biologischen Abluftwäschers

Konsequenzen

Wie die Ergebnisse aus den oben beschriebenen Labor- und Praxisversuchen gezeigt haben, ist das entwickelte Meßsystem zur Quantifizierung der Ammoniakfreisetzung gut geeignet. Für die Vergleichbarkeit der Meßergebnisse zur Ammoniakemission ist unbedingt ein Abgleich der verwendeten Meßmethoden erforderlich. Er stellt die Voraussetzung für die Zusammenführung bisheriger und zukünftiger Ergebnisse, mit dem Ziel der Entwicklung emissionsmindernder Strategien dar. Mit den systematischen Meßreihenuntersuchungen unter Laborbedingungen konnten Einflußfaktoren auf den Stoffübergang von Ammoniak in einem Umfang quantifiziert werden, wie er bis dato noch nicht vorlag. Die Ergebnisse bilden einen wesentlichen Ansatzpunkt in den Anstrengungen, die Zusammenhänge der Ammoniakfreisetzung exakter modellieren zu können und damit auch effektiver emissionsmindernde Maßnahmen zu entwickeln.

Die Praxisuntersuchungen haben gezeigt, daß zu einer genauen Ermittlung der Ammoniakemissionen beziehungesweise zur Abschätzung der Wirkung emissionsmindernder Maßnahmen eine gesamtbetriebliche Bilanzierung notwendig ist, die kontinuierliche Langzeitmessungen erfordert. Es bleibt zu überprüfen, wie die im Gesamtsystem (Stall, Lagerung, Ausbringung) entstehenden Ammoniakemissionen am effektivsten und kostengünstigsten reduziert werden können.

Literaturzitate

BÜSCHER, W. (1992): Experimentelle Untersuchungen zur Luftführung in Stallanlagen. Dissertation an der Universität Bonn; veröffentlicht als AEL Bericht **15**, Essen.

BÜSCHER, W., H. MÖLLMANN und B. SCHNEIDER (1992): Einfluß der Abluftführung auf die Ammoniakemission. In: Geruchs- und Schadgasemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Arbeitspapier **174**, Münster-Hiltrup.

HARTUNG, E., M. KECK und W. BÜSCHER (1994): Untersuchungen zur Freisetzung von Ammoniak aus Stallanlagen. KTBL-Arbeitspapier **202**, Münster-Hiltrup.

KRAUSE, K.-H. und J. JANSSEN (1987): Stallinterne Beeinflussung der Gesamtemission aus Tierhaltungen. Grundlagen Landtechnik **37** (6): 213-220.

KECK, M., E. HARTUNG und W. BÜSCHER (1994): Ammoniak-Freisetzung bei Ober- und Unterflurabsaugung. Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion DGS **46** (7): 25-27.

LAIS, S., W. BÜSCHER (1995): Institutsinterner Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben "Reduzierung der Ammoniakemissionen aus Tierhaltungsanlagen durch Abluftwäsche".

Anforderungen und Lösungsansätze zur Bestimmung von Emissionsraten ökosystem- und klimarelevanter Gase aus der Landbewirtschaftung

Andreas Gronauer, Hans Stanzel, Stefan Neser und Georg Depta[1],
Klaus Schäfer, Rainer Haus und Stefan Heinz[2],
Jürgen Krahl, Wolfgang Luther und Axel Munack[3],
Henning Hopf[4],
Josef Boxberger, Thomas Amon und Barbara Kießling[5],
Christian Salow und Jutta Sciborski[6]

Ausgangssituation

Untersuchungen zu gasförmigen Emissionen aus der Landwirtschaft beziehen sich nahezu ausschließlich auf NH_3. Die Emission direkt und indirekt klimawirksamer Spurengase gewinnt zunehmend an Bedeutung (Tab. 1).
Aufgrund unterschiedlicher Meßverfahren und Massestrommodelle besteht nur eine geringe Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit einzelner Messungen. Deshalb können

[1] Dr. agr. A. Gronauer, Dr. agr. H. Stanzel, Dipl.-Ing. agr. S. Neser und Dipl. Phys. G. Depta, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Vöttingerstraße 36, D-85350 Freising-Weihenstephan
[2] Prof. Dr. K. Schäfer, Dr. R. Haus und Dr. S. Heinz, Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung (IFU), Kreuzeckbahnstraße 19, D-82467 Garmisch-Partenkirchen
[3] Dr. J. Krahl, Dipl. chem. W. Luther und Prof. Dr.-Ing. A. Munack, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Biosystemtechnik, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig
[4] Prof. Dr. H. Hopf, Institut für Organische Chemie, TU-Braunschweig, Hagenring 30, D-38106 Braunschweig
[5] o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dr. J. Boxberger, Dipl.-Ing. T. Amon und Dipl.-Ing. B. Kießling, Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien
[6] Dr. C. Salow und Dr. J. Sciborski, Universität Potsdam, Arbeitsgruppe „Landwirtschaftlicher Umweltschutz", Templiner Str. 2, D-14473 Potsdam

derzeit landwirtschaftliche Verfahrensketten nur unzureichend bewertet werden.

Tab. 1: Anteil verschiedener Quellbereiche an der Emission direkt und indirekt klimawirksamer Spurengase (bekannte Quellen)

Gas	Hintergrund-konzentration	anthropogene Emissionen			
	ppb [1]	**Gesamt BRD t/a**	Landwirtschaft %	Industrie %	Verkehr %
CH_4	1640	**$6*10^6$** [2]	34,2 [2]	36,6 [2] (Abfallwirt.)	25,0 [2] (fos.Brennst.)
N_2O	310	**$225*10^3$** [2]	33,3 [2]	44,4 [2]	9,8 [2]
CO_2	$350*10^3$	**$708*10^6$** [3]	3,9 [3]	23,4 [5]	22,7 [5]
NH_3	5[7]	**$650*10^3$** [3]	~ 90 (Tierhaltung)	~10 [6]	-
NO_x	stark schwankend, NO_2: 20	**$2,70*10^6$** [4]	k.A.	9,7	68,3

[1] nach Becker und Wiesen, 1994;
[2] nach BMU 1993;
[3] ABL, nach Haas und Köpke, 1994;
[4] NO_2; ABL, nach Daten zur Umwelt 1990/91,
[5] UBA 1992;
[6] nach Buijsmann et al., 1987
[7] in landwirtschaftlich genutzten Regionen, sonst 0,5 ppb

Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Ziele für die Multigas-Emissionsratenanalyse landwirtschaftlicher Verfahrensketten

Zur Bestimmung von Emissionsraten müssen sowohl die Gaskonzentrationen als auch die Luftbewegung (z.B. Luftwechselraten) bestimmt werden. Die Bestimmung der Luftbewegung ist v.a. in frei belüfteten Ställen und über Flächen im Freien problematisch. Für diese Quelltypen können zur Emissionsratenbestimmung verschiedene Methoden und Modelle angewandt werden (vgl Tab.2).
Darüberhinaus sind Gase über den emittierenden Oberflächen nicht homogen verteilt, so daß punktförmige Konzentrationsmessungen nicht als repräsentativ für die Gesamtemissionsflächen anzusehen sind (Tab.2). Zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit von Tierhaltungsverfahren müssen die Emissionen aller ökosystem- und klimarelevanten Gase (nicht nur NH_3) erfaßt werden, da hinsichtlich der verschiedenen Gase sowohl

synergische als auch antagonistische Beziehungen bestehen. Weiterhin ist es unerläßlich die gesamte Verfahrenskette vom Stall über die Lagerung bis hin zur Ausbringung mit validierten Messverfahren in der Summe zu ermitteln, um gesicherte Reduktionsmaßnahmen ergreifen zu können und keine Problemverschiebungen zu induzieren.

Tab. 2: Klassifizierung landwirtschaftlicher Emissionsquelltypen, Methoden der Multigasemissionsratenbestimmung

Quelltypen	**Konzentration in Quellnähe für NH_3, N_2O, NO_2, CO_2, CH_4 (i.V. zum Hintergrund)**	**Konzentration (Multigasanalyse)**	**Emissionsratenanalyse**	
			Volumenstrom	**Modell/Methode**
gerichtet, punktförmig	hoch bis niedrig, rel. homogen	FTIR + Zelle, GC, PAS-IR	LDA, a. Anemometer	Massestrom direkt
		FTIR + Zelle, GC, PAS-IR	über Tracer, z.B. SF_6	Massestrom (Tracer)
		open-path FTIR, DOAS	Szintillometer, Sonic	Gauß-Modelle Lagrange-Modelle
diffus, begrenzte Flächen	hoch bis niedrig, inhomogen	FTIR + Zelle, GC, PAS-IR	LDA, a. Anemometer	Static u. dynamic chamber, Tracer
		open-path FTIR, DOAS	Szintillometer, Sonic	Gauß-Modelle Lagrange-Modelle
diffus, weitläufige Flächen	kurzzeitig hoch, sonst niedrig, inhomogen	FTIR + Zelle, GC, PAS-IR	div. Anemometer	static u. dynamic chamber
		FTIR + Zelle, GC	div. Anemometer	Gauß-modelle
		open-path FTIR, DOAS	div. Anemometer	Z_{INST}-Modell
			Szintillometer, Sonic	Gauß-Modelle Lagrange-Modelle

Lösungsansätze für die Emissionsratenbestimmung

Landwirtschaftliche Emissionsquellen lassen sich entsprechend ihrer räumlichen Ausdehnung (punktförmig - weiträumig) und Ausrichtung (gerichtet - diffus) klassifizieren. Die Bestimmung der Gaskonzentrationen kann mit verschiedenen Analyseverfahren (FTIR, open-path-FTIR, DOAS, GC, GC-MS, PAS-IR) erfolgen. Die Kalibrierung der Gasanalysatoren mit variablen Gasgemischen muß vorausgesetzt werden. Hierfür können rechnergesteuerte Gaskalibriereinrichtungen verwendet werden (Abb. 1). Der Einsatz der FTIR-Verfahren erlaubt die Anwendung bei allen Emissionsquelltypen und Kopplung mit verschiedenen Anemometrieverfahren (Tab. 2) sowie Massestrommodellen.

Trassenmittelnde Anemometrieverfahren (z.B. Szintillometer; siehe Abb. 3) erlauben eine direkte Kopplung mit den open-path-FTIR-Spektrometern (Abb. 4). Somit können Inhomogenitäten diffuser Quellen berücksichtigt und potentielle Fehler verringert werden. Für punktförmige gerichtete Quelltypen kann die Luftströmung mittels Laser-Doppler-Anemometer (Abb.2) hochgenau bestimmt werden. Entwicklungen innerhalb der letzten zwei Jahre sowohl im Bereich Meßtechnik, als auch Modellentwicklung und die hohe Komplexität der Thematik führten die Aktivitäten von vier Instituten zusammen, die eine dringend notwendige Ergänzung in den verschiedenen Teilbereichen ermöglicht (Tab.3).

Tab. 3: Partner, Meßtechniken und Zielsetzungen innerhalb der wissenschaftlichen **K**ooperation "**M**ultigas-**E**missionsratenanalyse-**L**andbewirtschaftung" (**K-MEL**)

Kooperierende Institute	**Equipment zur Multigas-Emissionsratenanalyse**			
	Konzentration	**Volumenstrom**	**Modelle Methode**	**Zielsetzungen**
FAL, Institut für Biosystemtechnik	FTIR + 8 m Zelle, PAS	div. Anemometer	Gaußmodell	- Entwicklung einer Gasmischstation und Kalibrierung von Multigasanalysatoren
		- Kontinuierliche Bestimmung umweltrelevanter Spurengasemissionen aus der Tierhaltung - Vergleich von Tierhaltungsformen		
IFU, Fraunhofer-Institut f. Atmosphärische Umweltforschung	2 open-path FTIR + 100m Zelle	Klimastation d. Anemometer Szintillometer	Dispersionsmodelle	- Modellentwicklung u. -validierung zur Emissionsratenanalyse
		- Analyse antropogener Emissionsquellen - Einbindung in Klimamodelle		
BOKU Institut für Land-Umwelt- und Energietechnik	FTIR + Zelle, GC	div. Anemometer	dynamic chamber	- Parameteranalyse der Emissionen Tierhaltung
		- (Verfahrenskette "Pflanze-Tier-Pflanze) - Strategien zur Emissionsminderung		
TU-Müchen Weihenstephan Institut für Landtechnik	open-path FTIR + 8 m-Zelle,	LDA, Szintillometer, div. Anemometer	Gaußmodell Z_{INST}-Modell Dispersionsmodelle	- Modellvalidierung - Emissionsratenbestimmung var. Quellkonfigurationen, - Verfahrensbewertung

Meßverfahren und erste Ergebnisse der kooperierenden Institute

Am Institut für Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode, wird neben einem FTIR-System eine Gasmischstation (Abb.1) zur Kalibrierung verschiedener Multigasanalysatoren eingesetzt und optimiert.

Die zu untersuchenden Gase werden in Reinform aus Prüfgasflaschen über Volumen- bzw. Massestromregler, durch einen PC gesteuert, einer Mischkammer zugeführt. Über

eine Waschflasche kann der Feuchtegehalt des Gasgemisches eingestellt werden. Durch die Volumen- bzw. Massestromregler können beliebige Gemische aus den Reingasen hergestellt werden und den Gasanalysatoren zugeleitet werden. Die Meßgeräte können somit für die, der jeweiligen Anwendung entsprechenden, Meßbereiche kalibriert werden, wobei durch die Wahl verschiedener Konzentrationen auch die Linearität innerhalb des Meßbereiches überprüft werden kann. Die vorläufigen Ergebnisse aus dem Institut für Biosystemtechnik sind in Tab.4 zusammengefaßt.

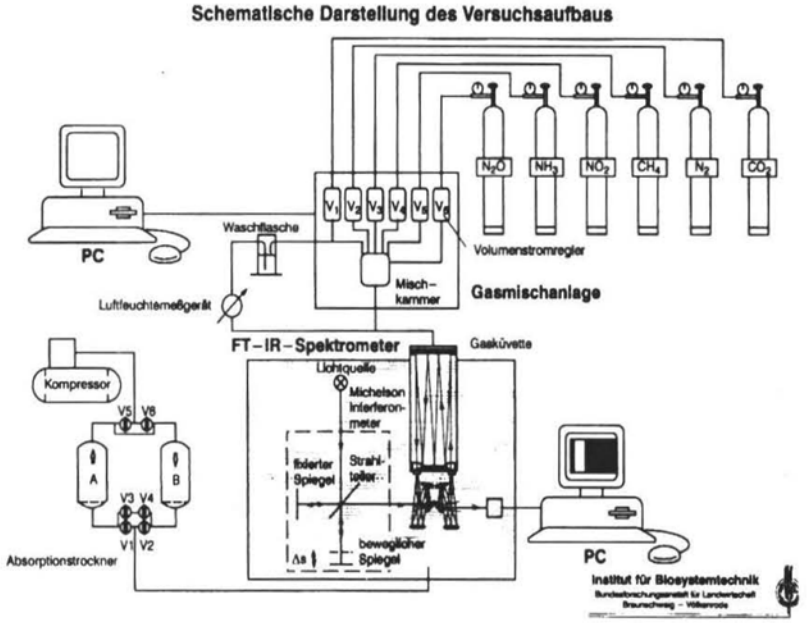


Abb. 1: Gasmischstation und FTIR-Spectrometer

Tab. 4: Vorläufige Ergebnisse zur Gasanalyse mittels FTIR-Spektroskopie und ausgewählter Realproben des Institutes für Biosystemtechnik (FAL)

Gasanalyse mittels FTIR-Spektroskopie
- spektrale Auflösung von **mindestens 0,25 cm^{-1} Wellenzahlen** ist erforderlich, um Querempfindlichkeiten durch CO_2 und H_2O zu kompensieren, - resultierende Nachweisgrenzen (opt. Pfadlänge 6,0 m): **NH_3: 40 ppb, N_2O: 50 ppb (MBA), NO_2: 260 ppb, CH_4: 260 ppb (MBA),** - **NH_3- Analyse** aus Probenahmebehältern aufgrund **hoher Sorptionseffekte** bisher nicht gelungen (siehe unten: NH_3 in Mistmietenluft), - mit zunehmender Polarität eines Gases (NH_3, NO_2) erhöht sich die Spüldauer von Gaszellen und sonstigen gasführenden Einrichtungen.

Erste Ergebnisse ausgewählter Realproben (FTIR + 6 m Zelle)							
Kompartiment	**Laborluft** (direkte Probenahme)			**Mistmietenluft** (Gasbeutel)			**Mistmietenluft** (beheizter Gasbeutel)
Gase	M.wert ppm	σ	Lit.	FTIR ppm	GC-Anl. ppm	Abw. %	FTIR
CH_4	1,90	± 0,063	1,74	15,83	15	5,1	11,11
N_2O	0,34	± 0,023	0,31	2,23	2,3	3,1	1,82
NH_3	0,04	± 0,169	(0,005)	**0**	-	-	**0**
NO_2	0,22	± 0,099	(0,02)	0,81	-	-	0,73

Am Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik der Universität für Bodenkultur, Wien werden Emissionsraten der diffusen Quelltypen mit dynamischer Kammermethoden und FTIR-Analyse bestimmt (Abb. 2). Durch die Projektion in sich geschlossener und funktionsfähiger Verfahrensabschnitte in ein gekapseltes Meßsystem (Emissionsmeßraum) können stoffliche, technische, Organisations- und Managementeinflüsse auf den Stickstoffkreislauf dargestellt werden und im halbtechnischen Maßstab für die Bereiche Stall, Lagerung, Behandlung und Ausbringung quantifiziert werden.

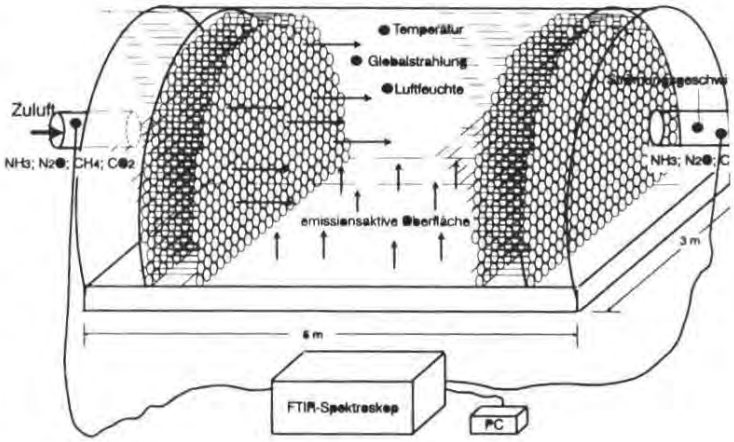


Abb. 2: mobiler Emissionsmeßraum (dynamic cha

Die beiden Gebläse im Zu- und Abluftkanal des Emissionsmeßraumes erlauben eine gezielte Steuerung des Luftstromes. Die erforderliche Gebläseleistung wird je nach Windgeschwindigkeit im Emissionsmeßraum und Querschnittsfläche zwischen 1000 und 3000 m^3/h liegen. Ein Gleichrichter am Tunneleingang sorgt für eine gleichmäßige, laminare Strömung innerhalb des Emissionsmeßraumes.

In der Abluftöffnung des Emissionsmeßraumes wird der Volumenstrom mittels Wilson-Staudruckgitter in Verbindung mit einem Differenzdruckaufnehmer exakt erfaßt.

Die Differenz zwischen Gaskonzentration in der Zu- und in der Abluft kann den Stoffab-, um- und -aufbauprozessen des im Tunnel befindlichen organischen Materials zugeordnet werden. Dem Meßgerät müssen abwechselnd Proben aus der Zuluft, aus der Abluft sowie in regelmäßigen Abständen Kalibriergase bekannter Konzentration zugeführt werden. Hierfür ist ein Multiplexer (Meßstellenumschalter) erforderlich. Vier Temperatursensoren messen die Luft- sowie die Bodentemperatur im Emissionsmeßraum. Die relative Luftfeuchte wird in der Zu- und in der Abluft mittels Taupunktsensoren gemessen. Diese Sensoren zeichnen sich im Gegensatz zu einfachen Feuchtefühlern durch hohe Meßgenauigkeit und Stabilität aus. Die Globalstrahlung wird ebenfalls erfaßt.

Alle Meßwerte werden auf einen Datalogger übertragen und dort bis zur weiteren Auswertung gespeichert. Die Größe der Emissionsmeßräume minimiert Randdeffekte und erlaubt eine praxisnahe Versuchsanstellung im halbtechnischen Maßstab.

An der Landtechnik Weihenstephan wird zur Bestimmung der Luftstömungsverhältnisse und des Volumenstromes aus gerichteten Qullen (z.B. Abluftkamine) neben Schleppflügelanemometern, Hitzdrahtinstrument und Flügelradanemometern ein Laser-Doppler-Anemometer eingesetzt (Abb. 3). Dieses hochgenaue verfahren zur Strö-

mungsmessung wird ebenfals zur Kalibrierung der einfacheren Anemometrieverfahren eingesetzt.

Das vom Schnittpunkt der beiden Laserstrahlen duch Partikel verursachte Steulicht wird vom Empfänger durch ein Glasfaserkabel dem Fotomultiplayer zugeleitet. Durch die unterschiedlichen Winkel der beiden Strahlen entsteht der Dopplereffekt. Durch die verschiedenen Frequenzen des gesreuten Lichts treten Interferenzen auf und kann die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt werden. Der Fehler im unteren Meßbereich beträgt nur 3,2 mm/s, wobei der Meßbereich bis in den Überschallbereich reicht.

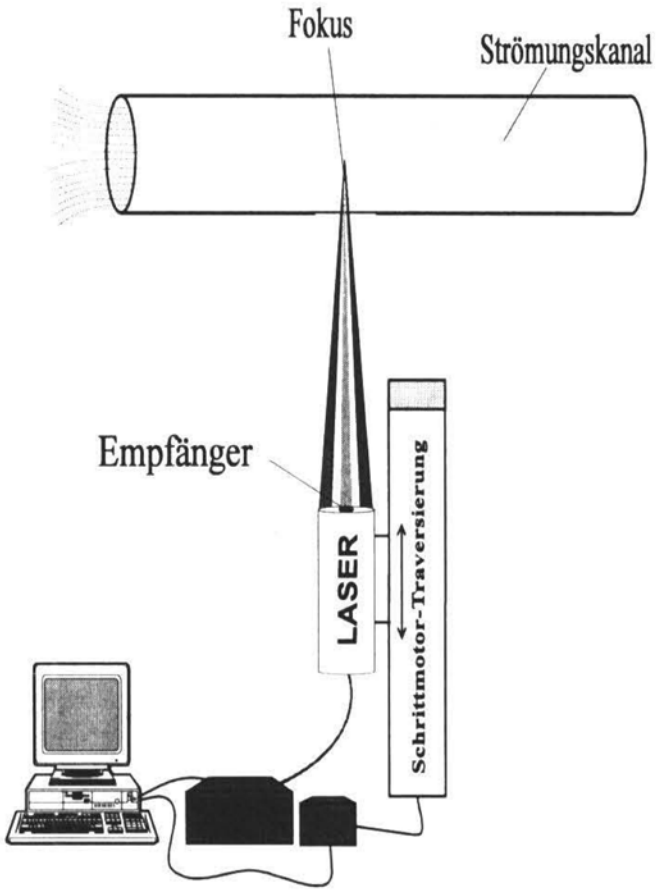


Abb. 3: Laser-Doppler-Anemometer (LDA)

Für diffuse Emissionsquelltypen können räumlich eng begrenzte Anemometrieverfahren, wie auch das LDA nur in Verbindung mit statischer bzw. dynamischer Kammermethode eingesetzt werden.

Reicht die zu betrachtende Emissionsfläche darüberhinaus, können verschiedene Modelle der Massenausbreitung (vgl. Tab. 2) herangezogen werden.

Kammermethoden finden auch in diesem Quellbereich Anwendung, die Inhomogenität der Fläche und den entsprechend auftretenden Emissionsraten erfordert aber einen hohen Stichprobenumfang und die Anwendung nach der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern schließt den z.B. für NH_3 wichtigen Emissionszeitraum während und kurz nach der Ausbringung (5-15 min) aus.

Um diese Nachteile hinsichtlich Inhomogenitäten der Fläche und zeitlicher Einschränkung auszugleichen, werden an der Landtechnik Weihenstephan und am Fraunhoferinstitut für atmosphärische Umweltforschung trassenmittelnde Meßverfahren zur Konzentrationsanalyse (Abb 5.) mit trassenmittelnden Anemometrieverfahren (Abb. 4) kombiniert mit verschiedenen Dispersionsmodellen (Gauß´sche und Lagrang´sche Ausbreitungsmodellierung) kombiniert.

Ein trassmittelndes Verfahren zur eindimensionalen Windvektorbestimmung stellt das Querwindmesssystem auf Basis der Szintillometrie dar. Von einem Sender werden zwei parallele Laserstrahlen in einem Abstand von 3mm ausgesandt und von einem Empfänger aufgenommen. Durch die Intensität der Turbulenzelemente in der Luft

zwischen Sender und Empfänger szintilliert das Licht der zwei Laserstrahlen aufgrund von Brechungsindexunterschieden in der Luft. Anhand dieser Unterschiede wird die quer zu den Laserstrahlen vorherrschende Luftgeschwindigkeit berechnet. Der Meßbereich des Szintillometers liegt zwischen 1 cm/s - 12 m/s und deckt damit den notwendigen Bereich für Emissionsratenanalysen unter Feldbedingungen ausreichend ab.

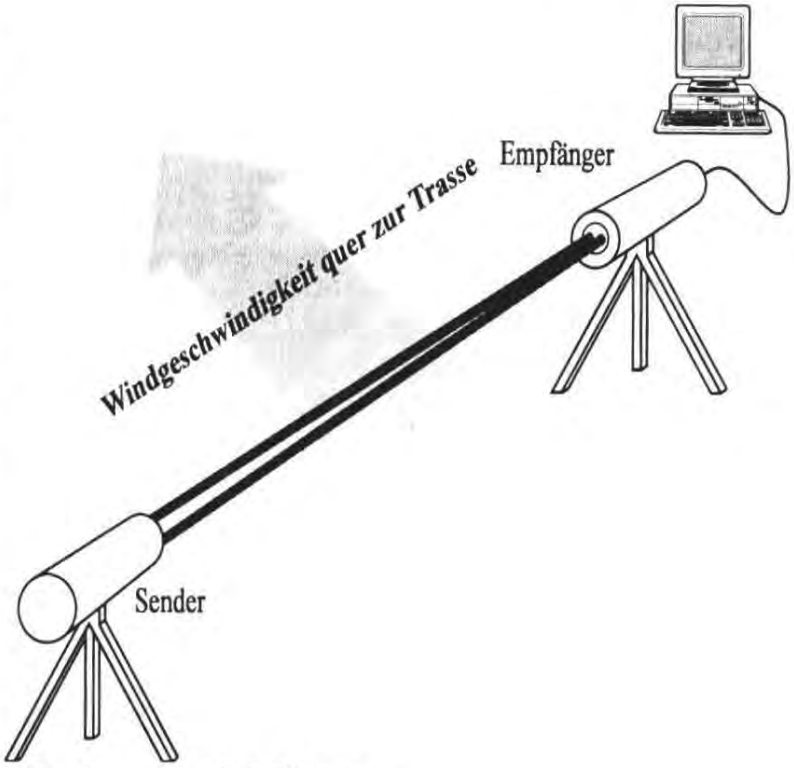


Abb. 4: Szintillometer

Die FTIR-Spektroskopie ermöglicht die simultane Erfassung von NH_3, N_2O, NO_x, CH_4 CO und CO_2. Das hohe Auflösungsvermögen des Doppelpendel-Michelson-Interferometers K300 (0,05 cm^{-1} Wellenzahlen) minimiert das Auftreten von Querempfindlichkeiten zwischen den Gasen. Durch die Anwendung von open-path-FTIR-Spektrometern (z.B. K300) können Inhomogenitäten emittierender Flächen ausgeglichen werden (Abb. 5). Gase zwischen Infrarotquelle und Sensor absorbieren Infrarotstrahlung in stoffspezifischen Wellenzahlbereichen. Durch den Wellenzahlbereich und die Stärke der Absorbtion wird eine qualitative und quantitative Gasanalyse ermöglicht. Durch entsprechende Hard- und Software können online-Messungen mit einer hohen zeitlichen Auflösung vorgenommen werden, ohne daß eine Kontamination des Messgerätes stattfindet. Die Nachweisgrenzen für Pfadlängen von 100 m liegen für CO_2, CO, CH_4, H_2O, und N_2O deutlich unter der atmosphärischen Hintergrundkonzentration, für NH_3bei 5 ppb und für NO bei 12 ppb.

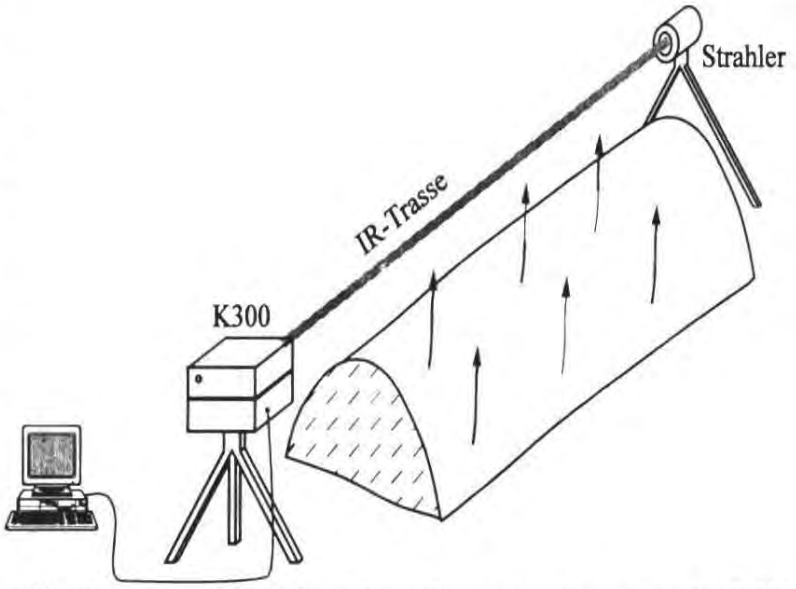


Abb. 5: Michelson-Interferometer (open-path-FTIR) K300

Neben der Anordnung als open-path-System (Abb.5) kann ein Gaszellenmodul (Whitecell) angebracht werden, die neben einer eigenen Infrarotquelle eine Glasküvette

enthält, durch die der IR-Strahl, durch Spiegel mehrfach umgelenkt, geführt wird. Nach Verlassen der Glasküvette tritt der IR-Strahl durch ein optisches Fenster in das Meßgerät und wird durch einen Flipspiegel in das Interferometer eingekoppelt (Abb.6).

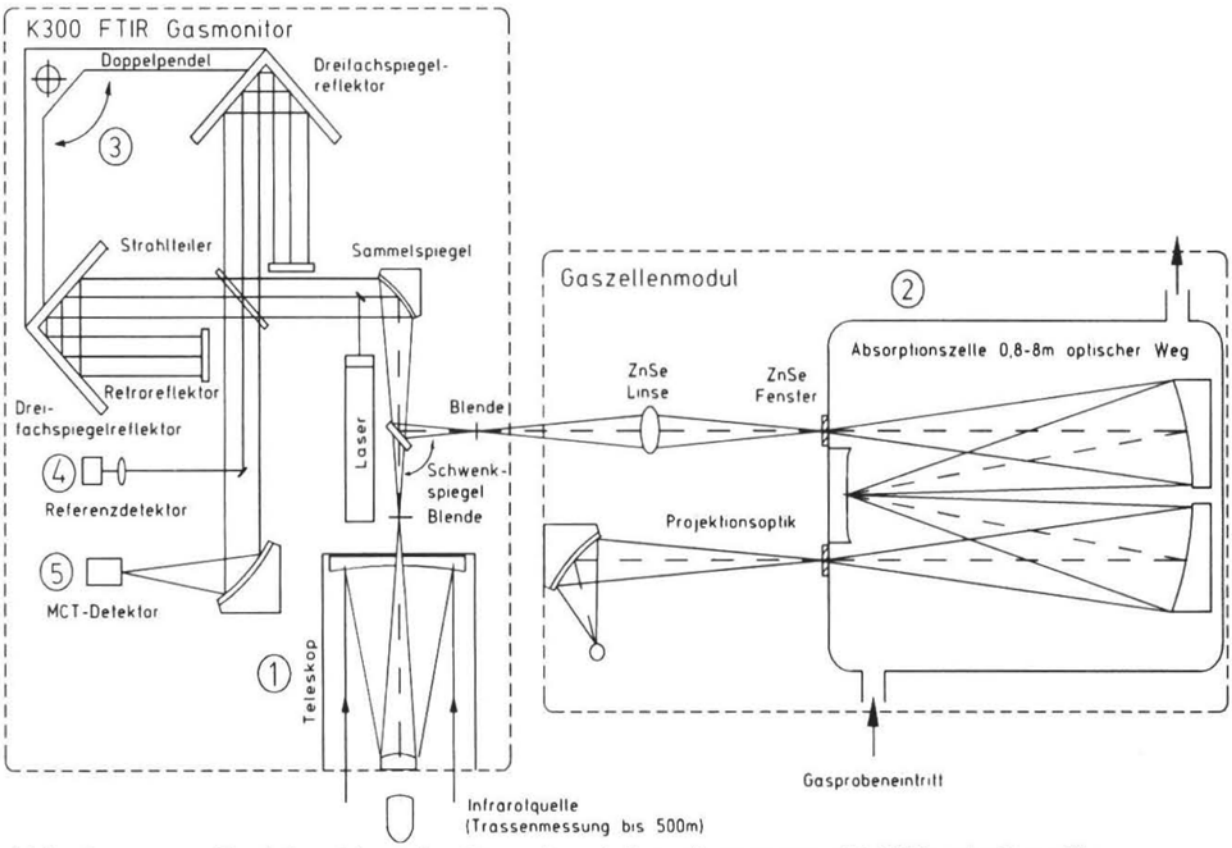


Abb. 6: Funktionskizze des Doppelpendelinterferometers (K 300) mit Gaszelle

Screeninguntersuchungen des Fraunhofer-Institutes für Atmosphärische Umweltforschung und der Universität Potsdam an Ställen und auf freier Fläche während und nach der Ausbringung von Flüssigmist zeigen, daß mit den Verfahren der optischen Trassenmessung eine ausreichend hohe Sensitivität zur Bestimmung von Emissionsraten erreicht werden kann (Tab. 5).

Der bisher erreichte Stand des Wissens läßt folgende Schlußfolgerungen zu:

- Die Kalibrierung von Gasanalysatoren mit variablen Prüfgasgemischen ist möglich und unabdingbar;

- Die Validierung geeigneter Massestrommodelle für unterschiedliche Quelltypen ist bisher nicht erfolgt, aber dringend notwendig;

- Eine Definition der verschiedenen Quellbereiche nach Quelltypen ist notwendig; um eine genaue Abstimmung unterschiedlicher Messtechniken und Modelle vornehmen zu können;

- Die Analyse und Definition des die Emissionsraten bestimmenden Parameterpools steht aus und muß erfolgen;

- Als Folge kann eine Validierung der Parametervariation zur Bewertung emissionsmindernder Maßnahmen vorgenommen werden;

- **Damit wird die Grundlage geschaffen, landwirtschaftliche Verfahrensketten unter dem Gesichtspunkt der Gasemissionen zu bewerten.**

Tab. 5: Erste Ergebnisse vom Einsatz des FTIR-Systems K300 (open-path und Gaszelle) bei verschiedenen Anwendungen in der Agrarwirtschaft (IFU)

Anwendung	**Varianten**	**Ergebnisse**				
Hühnerställe				A	B	C
	A- Käfighaltung (Naßkot) B- Käfighaltung (Trockenkot) C- Bodenhaltung (Trockenkot)	NH_3-E-rate (g/h)		158	90	219
		CO_2-E-rate (g/h)		60892	261750	68331
		CH_4-E-rate (g/h)		40.90	126.1	35.9
Schweineställe	Verschiedene Applikationsorte innerhalb des Stalles	Posititon im Stall		D	E	F
		NH_3-Konz. (ppm)		5.3	5.5	6.5
		CH_4-Konz. (ppm)		3.2	2.7	3.9
		CO-Konz. (ppb)		193	188	150
		N_2O-Konz. (ppb)		317	286	308
Flüssigmistausbringung	Entfernung zur Quellfläche	Entfernung (m) [Zeit nach Applikation (h)]	1[0]	50 [1]	50[3]	background
		NH_3-Konz. (ppb)	558	163	38	< 1

Lüftungstechnische Maßnahmen zur Emissionsminderung in Tierställen

Hans-Joachim Müller, Sabine Müller und Ulrich Stollberg[1]

Einführung

Die Aufgabe der Stallüftung besteht darin, solche Klimabedingungen im Stall und insbesondere im Tierbereich zu schaffen, die einer artgerechten Tierhaltung entsprechen. Überschüssige Wärme, Wasserdampf und Gase, wie z. B. CO_2 und NH_3 sind abzuführen, und den Tieren muß Frischluft zugeführt werden. Dazu ist ein vor allem von der Tierart und der Tiermasse abhängiger, jahreszeitlich veränderlicher Luftvolumenstrom durch den Stall zu fördern.

Dies wird mit Hilfe der unterschiedlichsten Lösungen der freien Lüftung oder der Zwangslüftung realisiert. Die Lüftung der Ställe führt zwangsläufig zur Emission von Gerüchen und Gasen, die in der Umgebung zu Immissionen führen. Während Gerüche Belästigungen hervorrufen können, verstärken CO_2, CH_4 und N_2O den Treibhauseffekt, und Ammoniak kann direkte Schäden beispielsweise an den Pflanzen in der Umgebung der Ställe hervorrufen.

So besteht einerseits die Forderung nach artgerechten (möglichst optimalen) Klimabedingungen für die Tiere und andererseits sollen die Emissionen und Immissionen möglichst gering gehalten werden.

Daraus ergeben sich häufig widersprechende Anforderungen an die Klimagestaltung. Während beispielsweise im Sommer höhere Luftgeschwindigkeiten im Stall für die Tiere gut sind, führen diese zu einer verstärkten Emission.

Deshalb wird man Kompromisse schließen müssen. Es sind Lüftungssysteme zu entwickeln, die möglichst beiden Anforderungen gerecht werden.

Wichtig sind sinnvolle und zweckmäßige Forderungen in den Richtlinien und gesetzlichen Bestimmungen, die sowohl dem Tierschutz als auch dem Immissionsschutz Rechnung tragen.

[1] Dr.-Ing. H.-J. Müller und Dipl.-Ing. (FH) U. Stollberg, Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam; S. Müller, Geschwister-Scholl-Str. 13, 14548 Caputh

Grundlagen

Die entscheidende Größe für die Bewertung von Emissionen ist der Emissionsmassenstrom. Er ist das Produkt aus dem Volumenstrom durch das Stallgebäude und der Fortluftkonzentration (bzw. Konzentrationsdifferenz zwischen Fortluft und Frischluft) (MÜLLER, H.-J., 1994).
Aus lüftungstechnischer Sicht spielen die Luftströmungsbedingungen im Stall und speziell im Bereich der Schadstoffquellen eine besondere Rolle. Sie sind gekennzeichnet durch die Luftgeschwindigkeit, die Strömungsrichtung und den Turbulenzgrad. Beeinflußt werden die Strömungsverhältnisse vor allem durch die Lage und Gestaltung der Zu- und Abluftöffnungen, den Zuluftstrahlimpuls, die thermischen Verhältnisse und die baulichen Bedingungen im Stallraum.
Der Stoffübergang von der Quelle an die Luft und der Transport in die Umgebung werden wesentlich durch die Strömungsverhältnisse bestimmt.
Die Grundgleichung für den Stoffübergang von der Quelle an die Luft lautet:

$$\dot{m}_{\alpha} = \beta \Delta c_{\alpha} A \qquad (1)$$

$\dot{m}_\alpha$	kg/s	Stoffstrom der Stoffkomponente α
β	m/s	Stoffübergangskoeffizient
Δc_α	kg/m³	Konzentrationsdifferenz der Stoffkomponente α zwischen Quellenoberfläche und in großer Entfernung von der Quelle
A	m²	Fläche

Darin ist vor allem der Stoffübergangskoeffizient β schwierig zu bestimmen. Von MÜLLER, S. (1994) wurden verschiedene Methoden zur Untersuchung von β angewendet.

Untersuchungen

Grundlagenuntersuchungen an Modellen

Anhaltswerte über den Stoffübergangskoeffizienten kann man auf der Grundlage der Ähnlichkeitstheorie ermitteln (MÜLLER, S., 1994).
Zuverlässigere Werte lassen sich aus Modellversuchen gewinnen. Dazu steht im Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) ein Versuchsstand zur Verfügung. Als Schadgasquelle wird wäßrige Ammoniaklösung verwendet. Der Emissionsstrom wird zum einen über Volumenstrommessung und Konzentrationsmessung (Multigasmonitor von Brüel

& Kjær) und zum anderen über die kontinuierliche pH-Wertbestimmung (siehe auch KRAUSE et al., 1991, HARTUNG et al., 1994) ermittelt. Zu beachten ist, daß die Ergebnisse nicht direkt auf Gülle als Schadstoffquelle übertragbar sind. Bei Gülle treten bereits bei wesentlich niedrigeren pH-Werten vergleichbare Ammoniakemissionen auf.
Direkte Messungen zum Stoffübergangskoeffizienten werden an der TU Dresden (MÜLLER, S., 1994) durchgeführt. Dazu wird das Ammoniak-Absorptionsverfahren (HANEL et al., 1990) angewendet. Eine mit wäßriger Reaktionslösung getränkte Trägerfolie wird an den interessierenden Flächen des Modells ausgelegt. Der Zuluft wird eine bekannte Menge Ammoniak zugeführt. Die Bildung von Braunstein führt je nach Intensität des Stoffübergangs zu unterschiedlichen Färbungen der Trägerfolie. Mit Hilfe einer speziellen Auswertemethode können örtliche Stoffübergangskoeffizienten ermittelt werden.

Praxisuntersuchungen

Zur Ermittlung der Emissionsströme in Praxisanlagen werden Frischluft- und Fortluftkonzentrationen sowie der Volumenstrom gemessen.
Dabei wird das Olfaktometer nach Mannebeck zur Bestimmung der Geruchskonzentration und der Multigasmonitor der Firma Brüel & Kjær für Gaskonzentrationen eingesetzt.
Der Luftvolumenstrom wird vorzugsweise mit Hilfe der Tracergas-Methode bestimmt. Zu den meßtechnischen Problemen sind bei MÜLLER (1993) und MÜLLER, H.-J. (1994) weitergehende Ausführungen zu finden.
Seit 1994 führen das ATB und die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) gemeinsame Messungen bezüglich Emission aus Ställen und Immissionen in der Umgebung von Ställen durch. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine komplexe Bewertung der Umwelteinwirkung von Ställen.

Ausgewählte Ergebnisse

Modellversuche

Abbildung 1 zeigt für eine bestimmte Versuchseinstellung die nach der Ammoniak-Absorptionsmethode ermittelten Stoffübergangskoeffizienten. In diesem Fall sind die Zuluftschlitze rechts und links dicht über dem Fußboden angebracht. Der Zuluftstrahl legt sich an den Boden an und in der Nähe der Zuluftöffnungen treten relativ hohe

Luftgeschwindigkeiten und damit hohe Stoffübergangskoeffizienten auf. Für das betrachtete Flächenelement ergeben sich örtlich unterschiedliche β-Werte.

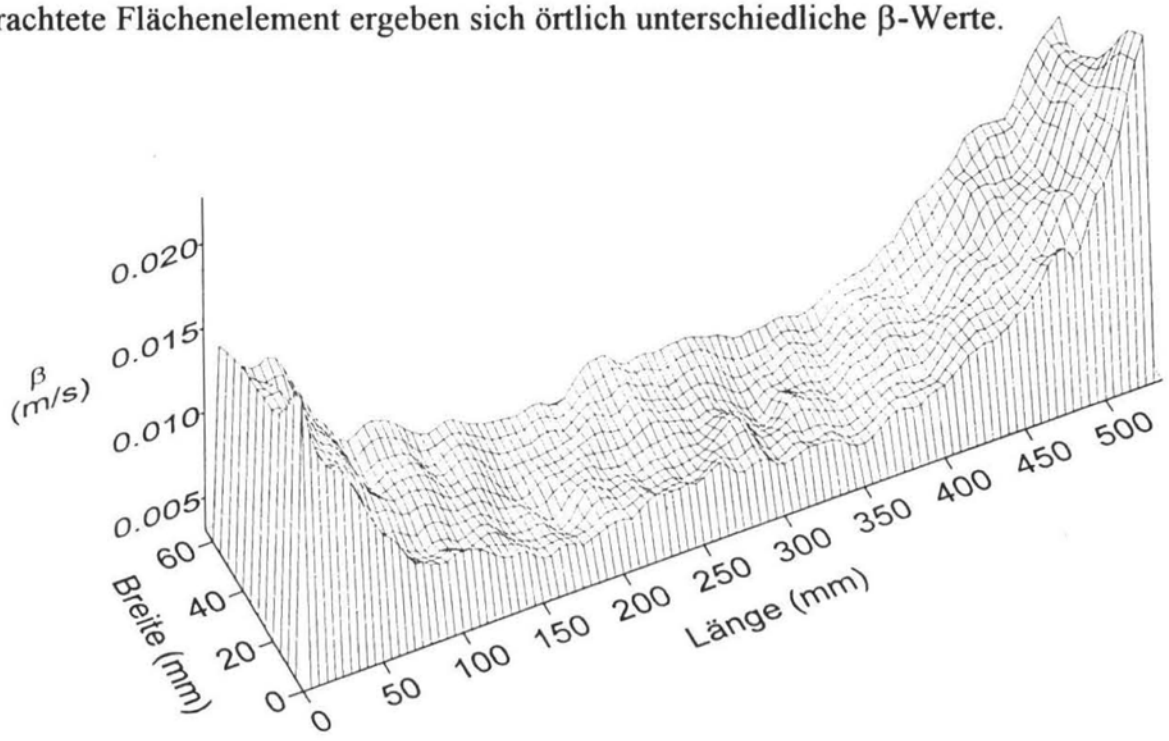


Abb. 1: Beispiel für die örtliche Verteilung von Stoffübergangskoeffizienten bei tief liegenden Zuluftschlitzen (Mittelwert von β = 0,00751 m/s)

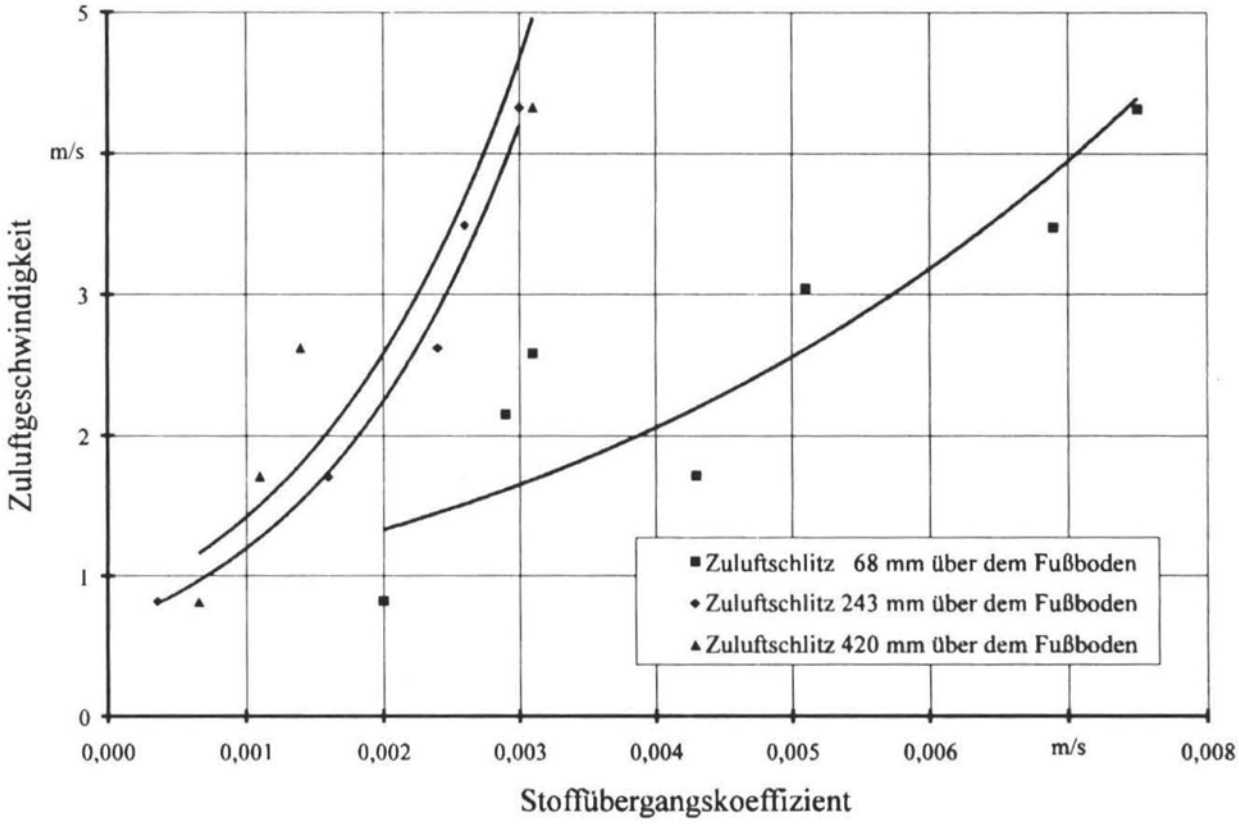


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Stoffübergangskoeffizient und Zuluftgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Zuluftschlitzanordnungen

Die aus mehreren Versuchsreihen ermittelten Stoffübergangskoeffizienten sind in Abbildung 2 in Abhängigkeit von der Zuluftgeschwindigkeit dargestellt. Der Einfluß der Zuluftöffnung wird stärker, wenn die Zuluftöffnung unterhalb der halben Raumhöhe angebracht ist. Mit zunehmender Zuluftgeschwindigkeit steigen die β-Werte degressiv an.

Die mit diesen Stoffübergangskoeffizienten für die am ATB durchgeführten Modellversuche errechneten Emissionsströme liegen zwischen 0,266 g/h und 0,173 g/h.

Die entsprechenden aus den pH-Wertmessungen und Konzentrationsmessungen ermittelten Werte liegen im Bereich von 0,210 g/h und 0,280 g/h.

Bei Anwendung der Gesetzmäßigkeiten der freien Konvektion berechnet man Werte zwischen 0,266 g/h und 0,03 g/h.

Bei Umrechnung von Literaturangaben auf die eigenen Versuchsbedingungen ergeben sich Werte von 0,620 g/h (nach KRAUSE et al., 1991) und 0,016 g/h (nach HARTUNG et al., 1994). Zwar liegen die Emissionsströme in einer Größenordnung, doch ist ein direkter Vergleich aufgrund unterschiedlicher Randbedingungen schwierig.

Praxisversuche

Aufgrund der sich überlagernden Einflüsse von Haltung, Entmistung, Fütterung, Futter- und Güllezusätzen und Lüftung lassen sich aus den bisherigen Messungen direkte Aussagen zum Einfluß der Lüftung auf die Emission nicht ableiten.

Um diese Aussagen zu erreichen, sind die Meßtechniken und Versuchsanstellungen weiter zu verbessern.

Über die Emissionen bei Puten- und Entenställen werden Ende 1995 konkrete Werte vorliegen.

Resultierend aus den Praxismessungen sollen zu zwei Problemen Anmerkungen gemacht werden, die mit den Emissionen im Zusammenhang stehen.

Luftvolumenstrom im Sommer

Nach dem in der DIN 18910 „Wärmeschutz geschlossener Ställe" angewendeten Berechnungsverfahren ergeben sich sehr hohe Volumenströme. Es wird vorausgesetzt, daß die Stallufttemperatur je nach Klimazone und Tierart um einen bestimmten Betrag oberhalb der Außentemperatur liegt. Abbildung 3 zeigt beispielhaft für viele andere

Messungen, daß aufgrund des Speichervermögens des Stallgebäudes bei hohen Außentemperaturen die Stallufttemperatur unterhalb der Außentemperatur liegt.

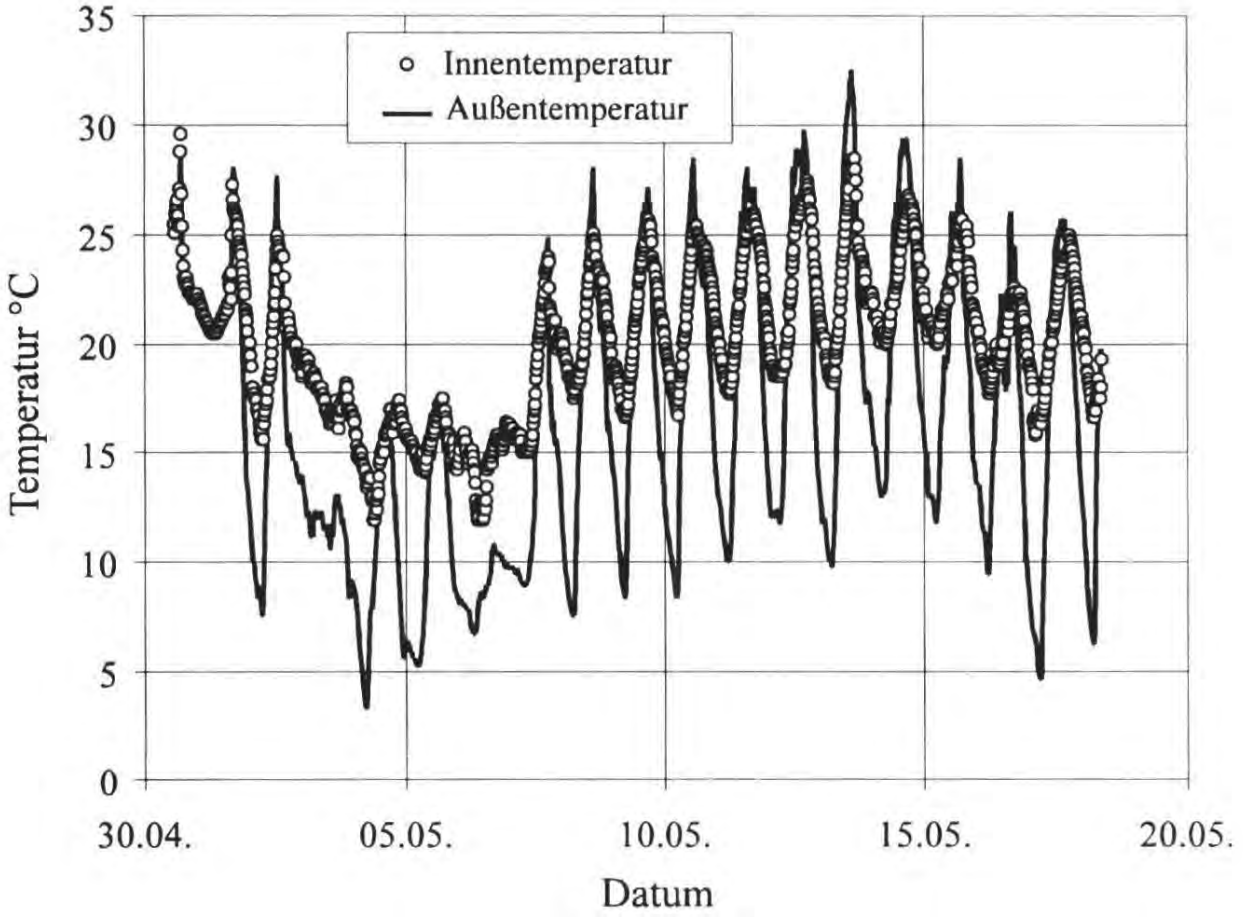


Abb. 3: Typische Sommertemperaturverläufe in einem Schweinemaststall (1993)

In Anbetracht dessen, daß hohe Luftvolumenströme zu hohen Emissionen führen, sind diese Forderungen in der DIN 18910 zu überdenken.

Heizung durch direkte Verbrennung im Stall

Sicher bietet die direkte Verbrennung im Stall gute Voraussetzungen für eine effektive Nutzung der Brennstoffe. Es treten jedoch zeitweise CO_2-Konzentrationen auf, die den in DIN 18910 vorgegebenen Richtwert von 5,5 g CO_2 pro 1 kg trockene Luft wesentlich überschreiten.

Außerdem treten sowohl bei Gasstrahlern als auch bei Warmluftgebläsen Temperaturschichtungen im Stall auf, die zu einer ungünstigen Ausnutzung der Wärme führen. Verbesserungen würden auch hier indirekt über Energieeinsparung zu Emissionsminderungen führen.

Fazit

Praktische Emissionsminderungsmaßnahmen

- Reduzierung der Luftgeschwindigkeit im Bereich der Schadgasquellen
  - Freie Lüftung,
  - Rieseldecke und Rieselkanäle,
  - Zuluftzuführung oberhalb der halben Stallraumhöhe,
  - Zusatzlüftung im Sommer nur im Bedarfsfall

Richtlinienarbeit

- Überarbeitung der Sommerluftraten in DIN 18910
- Erarbeitung einer Lüftungs- und Heizungsnorm unter Beachtung von:
  - Tierphysiologie,
  - Emission.
- Überarbeitung der VDI-Richtlinien 3471 und 3472
  - Einarbeitung neuer Erkenntnisse,
  - Erweiterung für andere Tierarten,
  - Einbeziehung der freien Lüftung.
- Fachgerechte und verantwortungsbewußte Anwendung der Richtlinien.

Weitere Forschungsarbeiten

- Systematische Untersuchungen und Bewertung von Lüftungsvarianten
- Untersuchung und Bewertung von Heizungssystemen
- Verbesserung der Konzentrations- und Volumenstrommeßtechnik
- Verbindung von Emissions- und Immissionsmessungen

Literatur

HANEL, B.; OSTERBURG, R & RICHTER, E. (1990): Untersuchung des Wärmeüberganges an komplizierten Geometrien mit der Ammoniakstoffübergangsmethode. Luft- und Kältetechnik, H. 4, S. 171-175.

HARTUNG, E.; BÜSCHER, W. & JUNGBLUTH, T. (1994): Basic Research on the Ammonia Release in Livestock Production using Liquid Manure. XII CIGR World Congress and AgEng'94 Conference on Agricultural Engineering, Milano, Report N. 94-C-007.

KRAUSE, K.-H.; HAKE, H.; MACK, H.-D. & PARDYLLA, F. (1991): Emissionen und Immissionen von Offenställen (sog. Louisiana-Ställen) im Zusammenhang mit dem Bundes-Immissionsschutzgesetz. FAL Braunschweig-Völkenrode, Institut für Biosystemtechnik. Institutsbericht KR 03/91.

MÜLLER, H.-J. (1993): Messung von Geruchsstoff- und Schadgasemissionen aus Tierhaltungen. Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Bornimer agrartechnische Berichte, H. 3, S. 123-148.

MÜLLER, H.-J. (1994): Geruchs- und Schadgasemissionsströme aus Tierhaltungen. Landtechnik 49 (6), S. 360-361.

MÜLLER, S. (1994): Modelluntersuchungen zum Einfluß der Lüftung auf die Emission von Schadgasen aus Ställen. Großer Beleg. TU Dresden. Institut für Strömungsmechanik.

Ermittlung von Emissionen aus Tierställen auf der Grundlage verschiedener Kalkulationsmodelle

Reiner Brunsch, Stefan Gurk und Otto Kaufmann[1]

Problem

Zur Bewertung der Umweltverträglichkeit von Tierhaltungen sind standortspezifische Aussagen zum Emissionsgeschehen erforderlich.

Die Beeinflussung der Höhe umweltrelevanter Emissionen durch eine Vielzahl von Faktoren der Fütterung, Haltung und des Managements läßt derzeit noch keine verallgemeinerungsfähigen Aussagen zu.

Obwohl mit der modernen Meßtechnik exakte Konzentrationsbestimmungen von Gasen in der Luft selbst im ppb-Bereich möglich sind, gibt es Schwierigkeiten bei der Ermittlung des Emissionstromes aus Ställen. Dies ist insbesondere durch die Ermittlung des Luftwechsels verursacht.

Während in zwangsgelüfteten Ställen unter Umständen mit Meßventilatoren sichere und reproduzierbare Ergebnisse erzielt werden können, läßt sich der Luftstrom in frei gelüfteten Ställen unter Praxisbedingungen kaum messen.

Soll das Emissionsgeschehen objektiv, für verschiedene Standorte vergleichbar, ermittelt werden, so ist mit einheitlichem methodischen Instrumentarium zu arbeiten. Ansätze zu sehr komplexen Modellen wurden von VAN'T OOSTER (1994) für frei gelüftete Ställe vorgestellt.

Die nachfolgenden Ergebnisse sollen verdeutlichen, welche Möglichkeiten und Probleme bei der Anwendung einfacher Bilanzmodelle bestehen.

Methodik

Die DIN 18910 sieht für die Planung von Ställen die Berechnung des Luftmassenstroms auf der Grundlage der Wasserdampf-, Kohlendioxid- und Wärmestrombilanz vor. Ein ganz wesentlicher Aspekt, der gleichzeitig den Anwendungsbereich einschränkt, ist die Tatsache, daß der Anfall von Wasserdampf,

[1] Dr. R. Brunsch, S. Gurk, Prof. Dr. O. Kaufmann, Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Angewandte Nutztierwissenschaften, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

Kohlendioxid und Wärme im Stall eine große Schwankungsbreite aufweist. Zu berücksichtigen sind jahreszeitliche und tageszeitliche Unterschiede. Die in den DIN-Tabellen angegebenen Stoff- und Wärmeströme sind Tagesmittelwerte und beziehen sich auf durchschnittliche Tierleistungen bei üblicher Fütterung und Haltung.
Soll das in der DIN 18910 dargestellte Formelwerk für die Ermittlung des Luftmassenstroms bestehender Ställe verwendet werden, so sind einige Abänderungen vorzunehmen.
Die folgenden Formeln zeigen den Modellansatz.

Wärmestrombilanz:

$$\dot{m}_{L,W} = \frac{\Sigma \dot{Q}_{ST,W}}{\Delta\Theta \cdot c_{pL}} \qquad (1)$$

Wasserdampfbilanz:

$$\dot{m}_{L,W,X} = \frac{\Sigma \dot{X}_{ST}}{x_i - x_a} \qquad (2)$$

Kohlendioxidbilanz:

$$\dot{m}_{L,W,K} = \frac{\Sigma \dot{K}_{ST}}{K_i - K_a} \qquad (3)$$

In Gleichung (1) beträgt die spezifische Wärmekapazität der Luft bei konstantem Druck $c_{p,L} = 0{,}28$ Wh/kg K.
Ableitung des Wasserdampfgehalts x_i bzw. x_a in Gleichung (2) aus dem gemessenen Wert des absoluten Wasserdapfgehaltes c_W der Luft erfolgt nach Formel (4):

$$x_i bzw.\, x_a = \frac{c_w}{\rho} \qquad (4)$$

Ableitung des Kohlendioxidgehaltes K_i bzw. K_a in Gleichung (3) aus dem gemessenen Wert der Kohlendioxidkonzentration c_K der Luft:

$$K_i bzw.\, K_a = \frac{c_K}{\rho} \qquad (5)$$

Ableitung des Luftvolumenstroms $\dot{}_L$ aus dem Luftmassenstrom $\dot{m}_L$:

$$\dot{}_L = \frac{\dot{m}_L}{\rho} \qquad (6)$$

Die Konzentrationdifferenz umweltrelevanter Gase zwischen Innen- und Außenluft, gemessen in z.B. mg/m³, wird nunmehr mit dem Luftvolumenstrom multipliziert.

Ableitung des Ammoniakmassenstroms $\dot{m}_{NH_3}$ aus der Konzentrationsdifferenz Δc_{NH_3} und aus dem Luftvolumenstrom $\dot{V}_L$:

$$\dot{m}_{NH_3} = \dot{V}_L \cdot \Delta c_{NH_3} \qquad (7)$$

$$\Delta c_{NH_3} = c_{NH_3,i} - c_{NH_3,a} \qquad (8)$$

Der so errechnete Emissionsstrom könnte ein Bewertungsmaß für die Umweltrelevanz sein.

Versuchsaufbau

Für die Analyse der Zuverlässigkeit der dargestellten Methoden diente folgender Versuchsaufbau:
In einer Hähnchenmastanlage mit mehreren typgleichen Ställen wurden für die Messungen zwei Ställe ausgewählt.
Die Belegung erfolgte zeitgleich, der Anfangsbestand war identisch. Tierverluste wurden täglich registriert.
Alle 3 Tage fanden Kontrollwägungen zur Überwachung der Lebendmasseentwicklung statt.
Die Aufzeichnung weiterer Produktionsdaten fand ebenfalls für jeden Stall separat statt. Die Haltung erfolgt auf Einstreu. Nach jeder Mastperiode wird entmistet und gereinigt.
Der einzige Unterschied zwischen den beiden Ställen war die Applikation des Tränkwasserzusatzes "Biopolym FZT" in einem der Ställe. Dieser Stall wird nachfolgend Versuchsstall genannt.

Über die letzten 21 Tage der Mastperiode wurden kontinuierlich die Gaskonzentrationen mit einem Multigasmonitor Typ 1302 in Kombination mit einem Mehrpunktprobenehmer Typ 1309 aufgezeichnet. Für die kontinuierliche Erfassung der Temperatur- und Luftfeuchtedaten stand ein Kombimeßgerät vom Typ THERM 2281 zur Verfügung.
Aus der Meßperiode wurden 11 aufeinanderfolgende Tage für die Auswertungen herangezogen (25. bis 35. Masttag).

Den einschränkenden Hinweisen der DIN 18910 folgend, wurden die Meßdaten für jeden Meßtag von 0 bis 23:59 Uhr zusammengefaßt.

Ergebnisse

In der Tabelle 1 sind die errechneten Luftmassenströme für den Versuchsstall dargestellt.
Tabelle 1: Errechnete Luftmassenströme für den Versuchsstall

Datum	Luftmassennstrom (kg/h) nach		
	Wasser-dampfbilanz	Kohlendioxid-bilanz	Wärmestrom-bilanz
15.05.	65366	35308	44810
16.05.	71795	36879	46814
17.05.	88017	44168	48042
18.05.	90848	45913	54028
19.05.	93797	29808	33732
20.05.	71588	23395	28648
21.05.	70169	35475	43994
22.05.	137209	51789	58384
23.05.	126085	37844	46421
24.05.	151176	62512	82340
25.05.	157514	65280	69073

An den Tagen vom 15.-18.5. lag der mittlere Temperaturunterschied zwischen innen und außen bei 7 Kelvin. Am 19. und 20.5. betrug die Temperaturdifferenz 11,6 bzw. 14,2 K, und fiel bis zum 25.5. wieder auf 6 ... 7 K ab.
Der reduzierte Luftwechsel am 19. und 20.5. konnte auch an den gestiegenen Spurengaskonzentrationen in den Ställen beobachtet werden.
Zur besseren Veranschaulichung der Veränderung der Unterschiede zwischen den Methoden im Verlauf der Auswertungsperiode dient die Abbildung 1.
Während die Kohlendioxid- und die Wärmebilanz annähernd gleiche Resultate aufweisen, nimmt die Differenz zur Wasserdampfbilanz mit der Mastdauer zu und erreicht am Ende des Auswertungszeitpunktes mehr als die doppelte Höhe gegenüber den beiden anderen Methoden.

Die Veränderungen innerhalb jeder Methode im Verlauf des Auswertungszeitraumes sind in der Tabelle 2 anhand von Relativzahlen dargestellt.

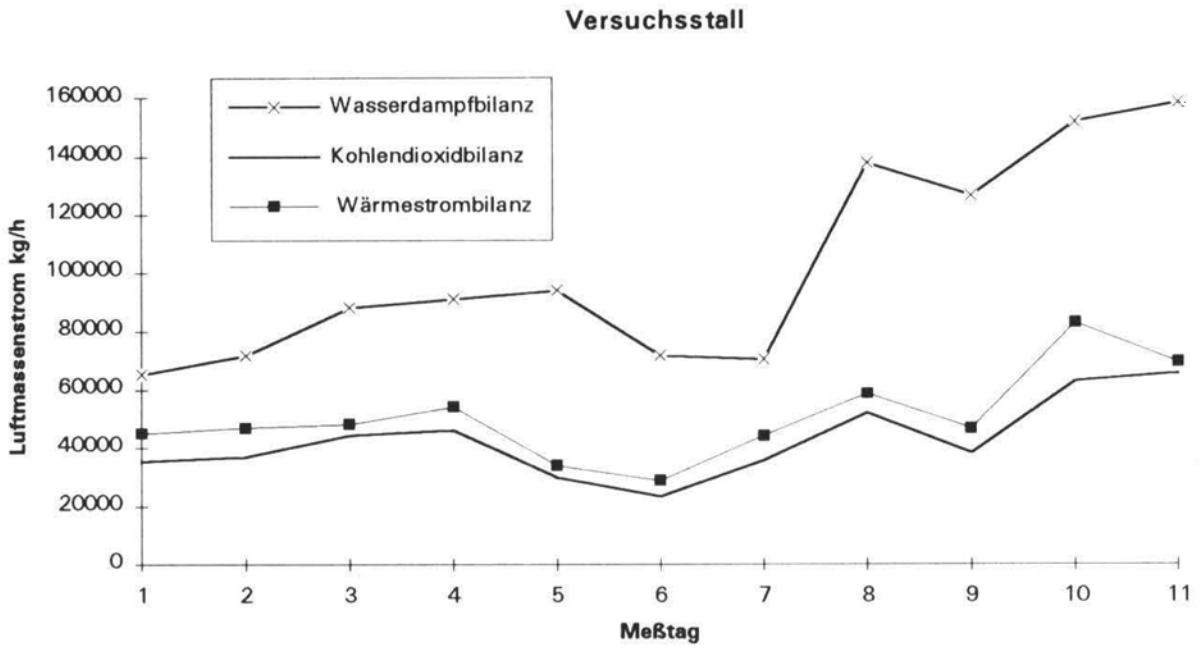


Abb.1: Errechnete Luftmassenströme (kg/h) für den Versuchsstall

Tabelle 2: Relative Veränderung des Luftmassenstroms über den Auswertungszeitraum

Datum	Versuchsstall			Kontrollstall		
	Wasser-dampfbilanz	Kohlendioxid-bilanz	Wärmestrom-bilanz	Wasser-dampfbilanz	Kohlendioxid-bilanz	Wärmestrom-bilanz
15.05.	100	100	100	100	100	100
16.05.	110	104	104	101	102	102
17.05.	135	125	107	118	117	109
18.05.	139	130	121	117	126	130
19.05.	143	84	75	88	81	76
20.05.	110	66	64	71	63	65
21.05.	107	100	98	74	92	96
22.05.	210	147	130	134	130	132
23.05.	193	107	104	101	104	104
24.05.	231	177	184	128	168	171
25.05.	241	185	154	139	172	154

Der erste Tag (15.5.) wurde jeweils gleich 100 gesetzt. Die Luftmassenströme beider Ställe sind nebeneinander angeordnet.
Außer bei den Berechnungen nach der Wasserdampfbilanz im Versuchsstall ging in den kalten Tagen vom 19.-21.5. der Luftmassenstrom deutlich zurück.
Vergleicht man die Ergebnisse der jeweiligen Bilanzmethode des Versuchs- und des Kontrollstalles, werden Unterschiede sichtbar.

Die Kohlendioxid- und die Wärmebilanz führten für beide Ställe zu vergleichbaren Schwankungen, die sich im Wesentlichen durch die Außentemperatur erklären lassen, da die Lüftung der Ställe stalltemperaturgeführt vorgenommen wurde.

Im Kontrollstall folgte die relative Veränderung des nach der Wasserdampfbilanz ermittelten Luftmassenstroms den Veränderungen der beiden anderen Methoden. Die Wasserdampfbilanz im Versuchsstall führte zu einem völlig anderen Bild.

Wie groß die Unterschiede des errechneten Luftmassenstromes an den einzelnen Tagen im Verhältnis zu dem Luftmassenstrom nach der Kohlendioxidbilanz sind, zeigt die Tabelle 3.

Tabelle 3: Relativierter Luftmassenstrom über den Auswertungszeitraum (Kohlendioxidbilanz = 100)

Datum	Versuchsstall			Kontrollstall		
	Wasser-	Kohlendioxid-	Wärmestrom-	Wasser-	Kohlendioxid-	Wärmestrom-
	dampfbilanz	bilanz	bilanz	dampfbilanz	bilanz	bilanz
15.05.	185	100	127	217	100	129
16.05.	195	100	127	214	100	128
17.05.	199	100	109	219	100	120
18.05.	198	100	118	200	100	132
19.05.	315	100	113	236	100	122
20.05.	306	100	122	244	100	132
21.05.	198	100	124	174	100	133
22.05.	265	100	113	222	100	130
23.05.	333	100	123	210	100	128
24.05.	242	100	132	165	100	131
25.05.	241	100	106	175	100	115

In beiden Ställen ergab sich ein rund 20% höherer Wert für die Wärmestrombilanz im Vergleich zur CO_2-Bilanz.
Im Kontrollstall errechnete sich ein etwa doppelt so hoher Luftmassenstrom über die Wasserdampfbilanz.
Im Versuchsstall war der nach der Wasserdampfbilanz ermittelte Luftstrom 2 bis 3mal so hoch.

Wird auf der Grundlage dieser Luftmassenströme der Ammoniakemissionsstrom für die einzelnen Tage, Methoden und Ställe errechnet, so ergibt sich das in der Tabelle 4 dargestellte Ergebnis.

Im Versuchsstall stieg die Ammoniakemission im ausgewerteten Zeitraum nach der Kohlendioxid- und der Wärmebilanz von etwa 10 g NH_3/h auf etwa 100 g/h. Nach der Wasserdampfbilanz errechnete sich ein Emissionsstrom von 19g/h bis 270 g/h.

Im Kontrollstall ist aufgrund der höheren Ammoniakkonzentrationsdifferenzen ein höheres Niveau des Emissionsstromes festzustellen. Von anfänglich 50 bis 60 g/h (Kohlendioxid- und Wärmebilanz) erhöhten sich die Werte auf 250 bis 350 g/h. Über die Wasserdampfbilanz ergaben sich Spitzenwerte des Ammoniakemissionsstroms von über 400 g/h.

Tabelle 4: Ammoniakemissionsstrom (g/h) bei Berechnung nach den verschiedenen Modellen

Datum	Versuchsstall			Kontrollstall		
	Wasser-dampfbilanz	Kohlendioxid-bilanz	Wärmestrom-bilanz	Wasser-dampfbilanz	Kohlendioxid-bilanz	Wärmestrom-bilanz
15.05.	19	10	13	106	49	63
16.05.	26	13	17	130	61	78
17.05.	23	12	13	132	60	72
18.05.	45	23	27	162	81	107
19.05.	64	20	23	206	87	106
20.05.	110	36	44	368	151	200
21.05.	122	62	76	398	228	304
22.05.	126	48	54	375	169	220
23.05.	117	35	43	374	178	228
24.05.	271	112	148	440	266	348
25.05.	240	100	105	380	217	250

Der Vergleich des Ammoniakstromes (innerhalb einer Bilanzmethode) beider Ställe verdeutlicht die gravierenden Unterschiede im Emissionsverhalten.

Der sehr hohe Unterschied zwischen dem Luftmassenstrom nach der Wasserdampfbilanz im Vergleich von Versuchsstall und Kontrollstall ist durch den niedrigeren Wasserverbrauch im Versuchsstall teilweise erkärbar. In den ausgewerteten 11 Tagen war der Wasserverbrauch des Versuchsstalles um insgesamt 6,336 m³ geringer.

In Anbetracht der gestiegenen Tierleistungen ist davon auszugehen, daß die Stoffwechselaktivität, und damit im Zusammenhang die Wärme- und Kohlendioxidproduktion, höher sein kann, als sie in den Tabellen der DIN 18910 aufgelistet ist. Neue Untersuchungen und Berechnungen von VAN OUWERKERK und PEDERSEN (1994) unterstützen diese Aussage.

Unterschiede in den Managmentfaktoren - im analysierten Fall der Einsatz eines Tränkwasserzusatzes - können die Zuverlässigkeit einzelner Bilanzmethoden beeinflussen.

Schlußfolgerungen

Mit der eingesetzten Gasanalysetechnik und den Temperatur- und Luftfeuchteaufzeichnungen ist die Grundlage geschaffen für die Berechnung der Luftmassenströme nach den drei in der DIN 18910 beschriebenen Blianzierungsmodellen.

Die Methoden führen bei gleichem Datenmaterial zu differenzierten Luftmassenströmen. Die Berechnungen nach der Wärmestrombilanz bringen 20 bis

30% höhere Luftmassenströme gegenüber der Kohlendioxidbilanz. Über die Wasserdampfbilanz werden 2 bis 3 mal höhere Luftmassenströme ermittelt.

Der nachgewiesene Wassermehrverbrauch im Kontrollstall kann als *eine* Ursache für die überhöhten Ergebnisse der Luftmassenstrombilanz im Versuchsstall angesehen werden. Damit scheint der Wasserdampfmaßstab besonders empfindlich gegenüber Veränderungen im Management zu sein. Ob er sich zum Verfahrensvergleich eignet, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Die Nichtberücksichtigung der systematischen Einflüsse der verschiedenen Luftmassenbestimmungsmethoden auf die Höhe des Luftmassenstroms führt zu fehlerhaften Aussagen hinsichtlich des Emissionsstromes.

Die Verringerung der Ammoniakkonzentration im Versuchsstall setzt sich auch in den errechneten Emissionsströmen fort. Der Ammoniakemissionsstrom aus dem Versuchsstall war mindestens um die Hälfte geringer als der aus dem Kontrollstall.

Solange exakteres Kalkulationmaterial fehlt, sollten jeweils alle drei DIN-Methoden parallel gerechnet werden, um die systematische Beeinflussung einer Methode durch Einflüsse der Fütterung, Haltung oder des Managements auszuschließen. Es könnte die Bandbreite der zu erwartenden Emissionsströme angegeben werden.

Bei vergleichenden Untersuchungen zur Analyse des Effektes bestimmter Managementfaktoren auf das Emissionsgeschehen kann die vorgestellte Arbeitsweise zu verwertbaren Aussagen führen.

Literatur

DIN 18910: Wärmeschutz geschlossener Ställe, Ausgabe Mai 1992

VAN OUWERKERK E.N.J. & PEDERSEN S. (1994): Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluate ventilation rates in livestock buildings XII. World Congress on Agricultural Engineering , Proceedings Vol.1, p. 516-529

VAN 'T OOSTER (1994): Using natural ventilation theorie and dynamic heat balance modelling for real time prediction of ventilation rates in naturally ventilated livestock houses
XII. World Congress on Agricultural Engineering , report 94-C-012

Ammoniak- und Geruchsemissionen sowie Gülleeigenschaften beim Einsatz von BENTONIT in der Fütterung

Günter Hörnig und Meno Türk[1]

Einleitung

Die Tierhaltung ist wegen ihrer Einwirkungen auf die Umwelt Gegenstand des öffentlichen Interesses. So stammen 80 % der weltweiten Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. Methan und Lachgas sind am anthropogenen Treibhauseffekt beteiligt. Gerüche aus der Tierhaltung verursachen Nachbarschaftsprobleme. Schließlich führen überschüssige Pflanzennährstoffe zur Eutrophierung der ober- und unterirdischen Gewässer.

Eine Möglichkeit, auf solche Umweltbelastungen Einfluß zu nehmen, besteht im Einsatz von Futter- und Güllezusatzstoffen. Dabei ist hinsichtlich des Anwendungsumfanges der mineralische Zusatz BENTONIT in den Vordergrund getreten.

Bentonit ist ein natürlich vorkommender Rohstoff. Hauptbestandteil und maßgebend für seine Eigenschaften ist das Tonmineral MONTMORILLONIT. Der Kristallaufbau beruht auf der schichtweisen Anordnung von Aluminiumhydrosilikat. Zwischen den Silikatschichten befinden sich austauschfähige Kationen. Aus diesem Aufbau resultieren solch wichtige Eigenschaften wie Kationenaustausch, Oberflächenadsorption und enorme Quellfähigkeit (SCHWARZ, 1989).

Mit der Verabreichung von Bentonit über das Futter sollen - bei Nutzung vorgenannter Eigenschaften - folgende Kenngrößen beeinflußt werden:

- das Verhältnis von Ammonium- zu Gesamtstickstoff der Gülle,
- die Ammoniak- und Geruchsstoffkonzentration in der Stalluft,
- die Ammoniak- und Geruchsemissionsströme aus dem Stall,
- die Homogenität und Fließfähigkeit der Gülle.

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und in Ställen. Voruntersuchungen befaßten sich mit der Suche nach einem geeigneten **NH_3-Meßverfahren**. Zwischen den Meß-

[1] Prof. Dr. sc. techn. G. Hörnig, Dr.-Ing. habil. M. Türk, Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

werten der üblichen Indikatorröhrchen und der naßchemischen Methode bestanden große Abweichungen. Dagegen wurde gute Übereinstimmung zwischen der naßchemischen Methode und dem Multigasmonitor 1302 der Fa. Brüel & Kjær erreicht (photoakustische Infrarotspektroskopie; Abb. 1).

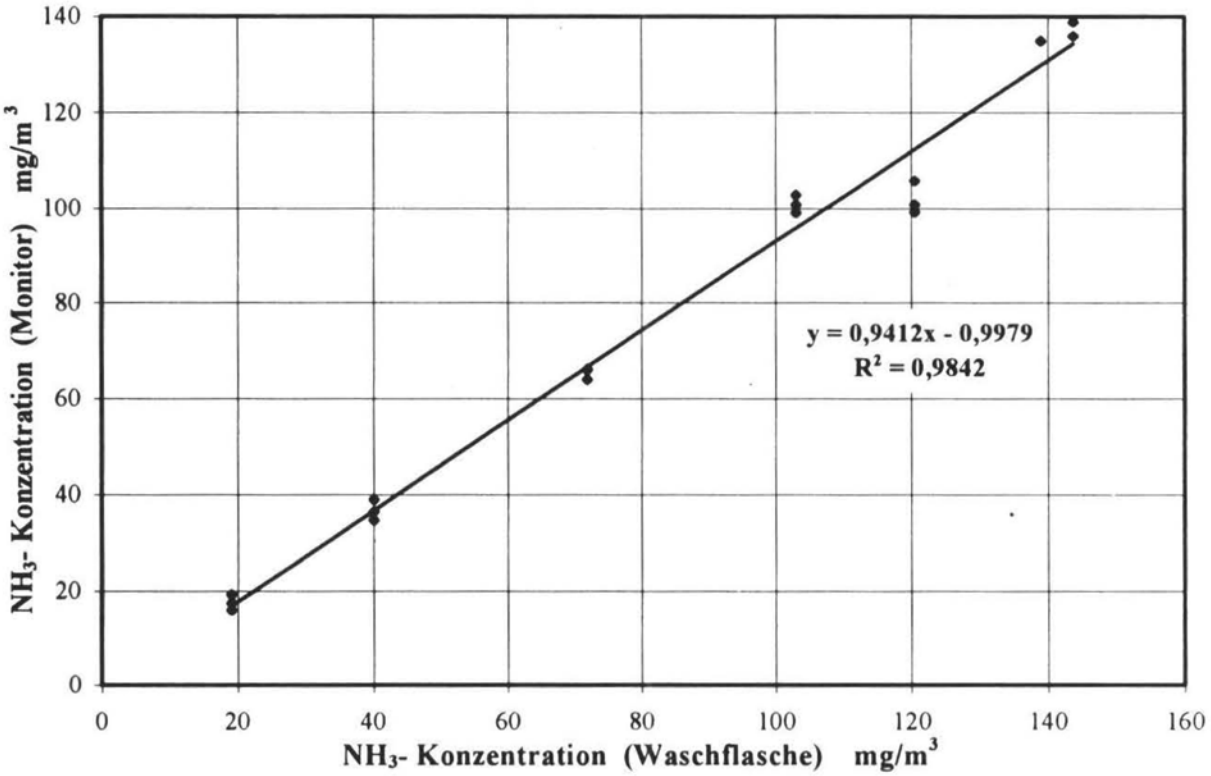


Abb. 1: Vergleich von NH_3-Meßverfahren

Für vergleichende Untersuchungen standen mehrere Geräte zur Verfügung. Die Filter unserer eigenen Multigasmonitore wurden entsprechend den in Ställen hauptsächlich auftretenden Gasen ausgewählt: Ammoniak, Kohlendioxid, Lachgas, Methan und Essigsäure (Kompost!). Das Spurengas SF_6 dient Luftwechselmessungen.

Vergleichende Messungen erfolgten im Labor und in Ställen. Abb. 2 zeigt beispielhaft Ergebnisse aus dem Schweinemaststall. Abgesehen von der Anlaufphase besteht insgesamt gute Übereinstimmung bei den Konzentrationen von NH_3, was gleichermaßen auf CO_2 und H_2O zutrifft.

Schlußfolgernd kann zur photoakustischen Infrarotspektroskopie festgestellt werden:

- Der Multigasmonitor zeigt gute Übereinstimung zur naßchemischen Methode.
- Bei relativen Vergleichen (ein und dasselbe Gerät bei verschiedenen Emissionsvarianten) ist der Monitor mit ausreichender Genauigkeit einsetzbar. Die Möglichkeit der Verlaufsmessung, leichte Bedienbarkeit und Mobilität sind Vorteile des M 1302 (siehe dazu auch ROM, 1994).
- Soll für Bilanzierungszwecke die Genauigkeit weiter erhöht werden, muß die FTIR-Methode angewendet werden.

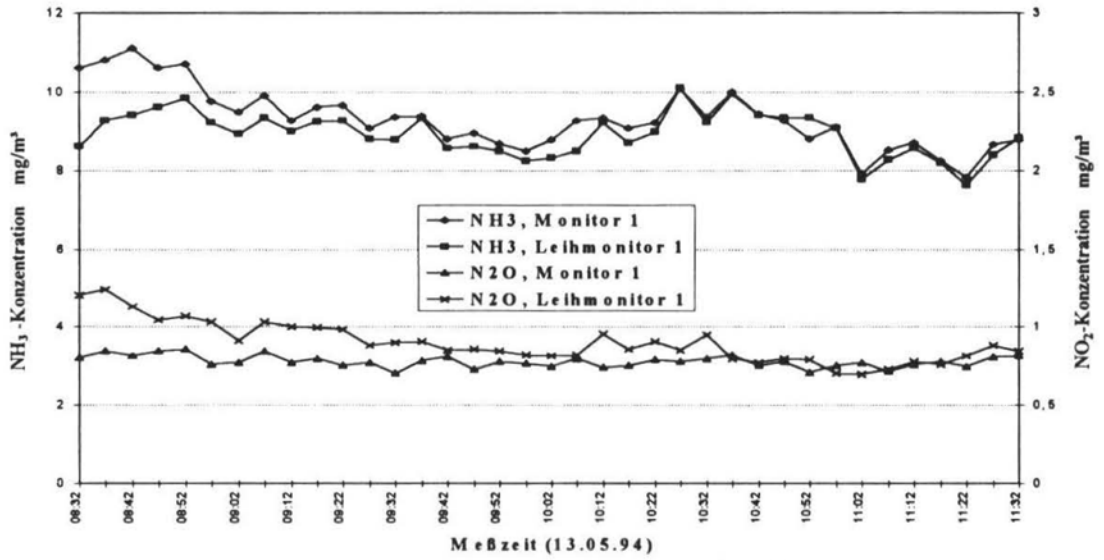


Abb. 2: Vergleich zweier Multigasmonitore M 1302

Zur Inhaltsstoffbestimmung wurden herkömmliche analytische Methoden genutzt. Die Geruchsstoffbestimmung erfolgte mit dem Olfaktometer TO6. Zur Untersuchung der Fließfähigkeit wurde ein spezielles Rotationsviskosimeter für grobdisperse Suspensionen eingesetzt.

Laborversuche

Im Labor wurde Gülle **oder** Kot und Harn (zu Gülle vermischt) mit und ohne BENTONIT-Zusatz in 30 l-Behältern untersucht. An die Tiere war ein Natriumbentonit (Produktbezeichnung FENAMIN) mit 70%igem Montmorillonitanteil verfüttert worden, und zwar

- 2 % zum Alleinfutter für Mastschweine
- 100 g je Kuh und Tag bei Milchkühen.

Ammonium (NH_4) und Ammoniak (NH_3) stehen über den pH-Wert in Wechselwirkung. Bei wäßriger Lösung nimmt über pH = 7 die Ammoniakverflüchtigung rasch zu, bei pH = 9,25 liegen Ammonium und Ammoniak gleichverteilt vor. Bei Gülle ist jedoch auch bei pH-Werten unter 7,0 eine NH_3-Emission festzustellen.

Das **Verhältnis des Ammonium- zum Gesamtstickstoff** gibt Auskunft über die Bindung des Stickstoffs als Ammonium (Tab. 1). Es war bei nahezu gleichen TS-Gehalten und etwas höheren pH-Werten in der Gülle mit Bentonit **größer** als in den Kontrollproben, was auf eine geringere Ammoniakverflüchtigung hinweist.

Entsprechend verhielt sich die NH_3-Emission bei den Behälterversuchen, d. h. niedrigere Emissionen bei Schweine- und Rindergülle mit BENTONIT.

Tabelle 1: Ammonium- und Gesamtstickstoffverhältnis von Rindergülle bei Verfütterung von BENTONIT (FENAMIN)

Meßtag	Zusatz	TS %	pH	NH_4-N/N_{ges}
1	*FENAMIN*	*8,14*	*8,14*	*0,4789*
	ohne	8,36	8,33	0,4147
	FENAMIN	*11,50*	*8,28*	*0,4249*
	ohne	11,04	8,16	0,3649
7	*FENAMIN*	*7,18*	*8,57*	*0,8273*
	ohne	7,47	8,28	0,7483
	FENAMIN	*10,86*	*7,30*	*0,6068*
	ohne	10,73	7,12	0,4950

Zur Bestimmung des **Fließverhaltens** wurden trockensubstanzreiche Proben stufenweise verdünnt, um das Fließverhalten TS-abhängig quantifizieren zu können. Die aufgenommenen Fließkurven werden im Beispiel der Abb. 3 vom OSTWALD-DE WAELE-Potenzgesetz beschrieben, dessen Fließparameter k und n in Abhängigkeit vom TS-Gehalt bestimmt wurden. Hohe Schubspannungen bedeuten geringere Fließfähigkeit, niedrige bedeuten dementsprechend bessere Fließfähigkeit. Das Fließverhalten wird bei Schweinegülle durch BENTONIT-Zusatz im Futter nicht signifikant verändert. Bei Rindergülle war dagegen eine gravierende Viskositätsminderung, d. h. Verbesserung der Fließfähigkeit zu beobachten.

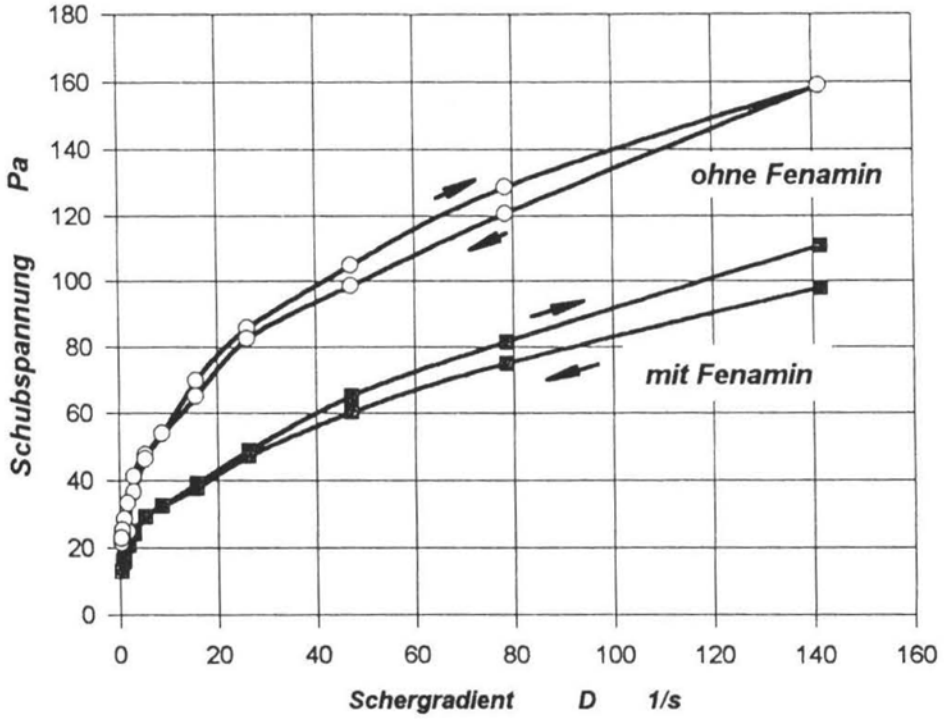


Abb. 3: Fließkurven von Rindergülle, TS = 10,5 %

Praxisversuche

Der Versuch wurde in einem Vormaststall mit zwei nahezu identischen Abteilen durchgeführt. Separate Flüssigfutterringleitungen ermöglichten die BENTONIT-Verabreichung im Versuchsabteil V1. Die Lufträume der beiden Abteile sind voneinander getrennt. Jeweils drei Abluftschächte mit temperaturabhängig geregelten Ventilatoren sorgen für die Entlüftung.

Abteil V1 hat Teilspaltenboden, Kontrollabteil V2 hat Vollspaltenboden. BENTONIT wurde im stärker verschmutzten Abteil V1 eingesetzt, um so die Wirkungen besser verdeutlichen zu können. 367 Tiere wurden in das Versuchsabteil V1 eingestallt, zwei Wochen später 390 Tiere in V2.

Je Abteil wurden an fünf Meßtagen die Ammoniak- und Geruchsstoffkonzentrationen, die Abluftvolumenströme, Temperaturen und Feuchte bestimmt. Die Meßpunkte lagen an den Abluftschächten. Für die Ventilatoren fehlten die Kennlinien. Deshalb wurden alle V-Meßwerte in Relation zu der vom Klimacomputer ausgewiesenen relativen Lüfterleistung (in %) gesetzt (Abb. 4). Die Werte der Regressionsgeraden wurden für die Berechnung der Emissionsströme benutzt.

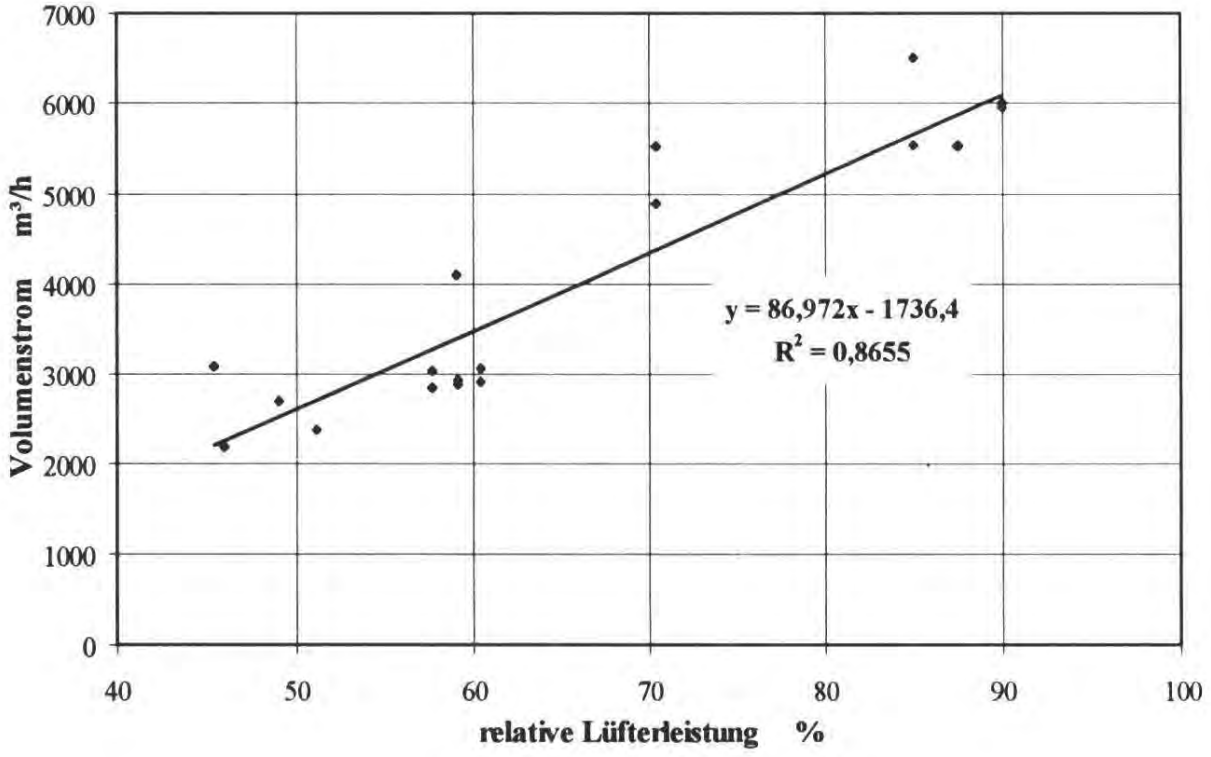


Abb. 4: Abluftvolumenstrom in Abhängigkeit von der relativen Lüfterleistung

Die **NH_3-Emissionsströme** als Produkt aus Konzentrationen und Abluftvolumenströme liegen im Bereich von 2,1 bis 3,3 g/h·GV (Abb. 5), was gut mit Angaben aus der Literatur für ähnliche Verhältnisse übereinstimmt (OLDENBURG, 1989). Über die Versuchsdauer ergab sich eine um 10 bis 33 % niedrigere Emission im Versuchsabteil mit BENTONIT-Verfütterung. Diese Differenz beträgt rd. 20 %, wenn die direkt vergleichbare Zeit von 33 Tagen zugrundegelegt wird.

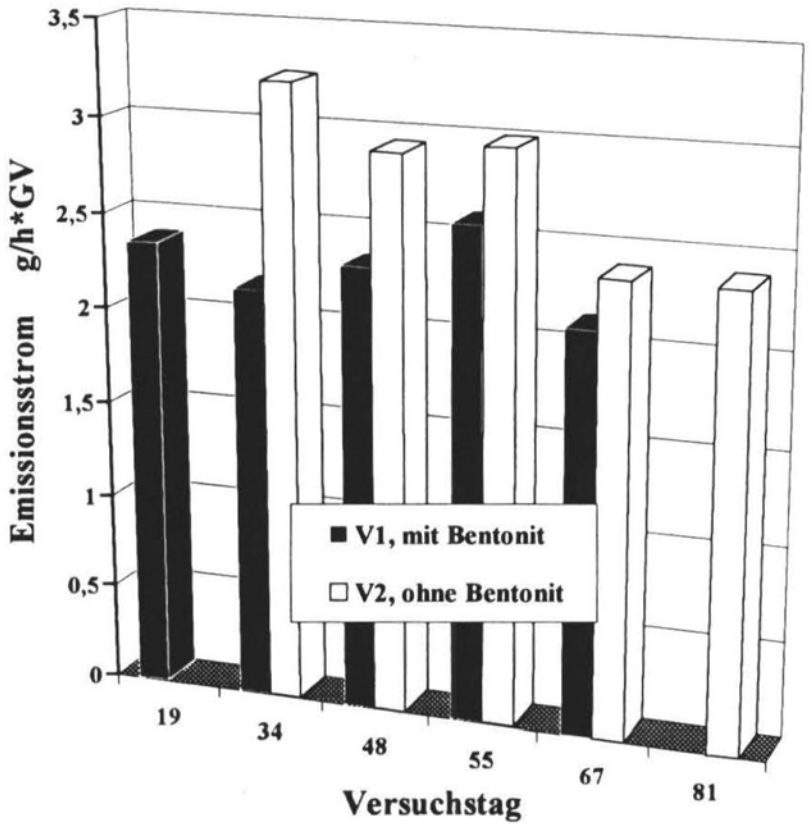


Abb. 5: Ammoniakemissionsströme

Die **Geruchsemissionsströme** liegen zwischen 19 GE/s·GV und 58 GE/s·GV (Abb. 6). Verglichen mit dem von OLDENBURG (1989) bestimmten Mittelwert von 50 GE/s·GV für einstreulos gehaltene Mastschweine liegt der Emissionsstrom teilweise wesentlich niedriger. Im Versuchsabteil mit BENTONIT-Verfütterung erreicht der Emissionsstrom 26 und 37 % geringere Werte als im Kontrollabteil.

Dieses Ergebnis ist insofern interessant, weil infolge des Teilspaltenbodens im Abteil V1 der Anteil stark verschmutzter und damit stärker emittierender Flächen größer war als im Kontrollabteil V2, demnach eine höhere Emission zu erwarten war.

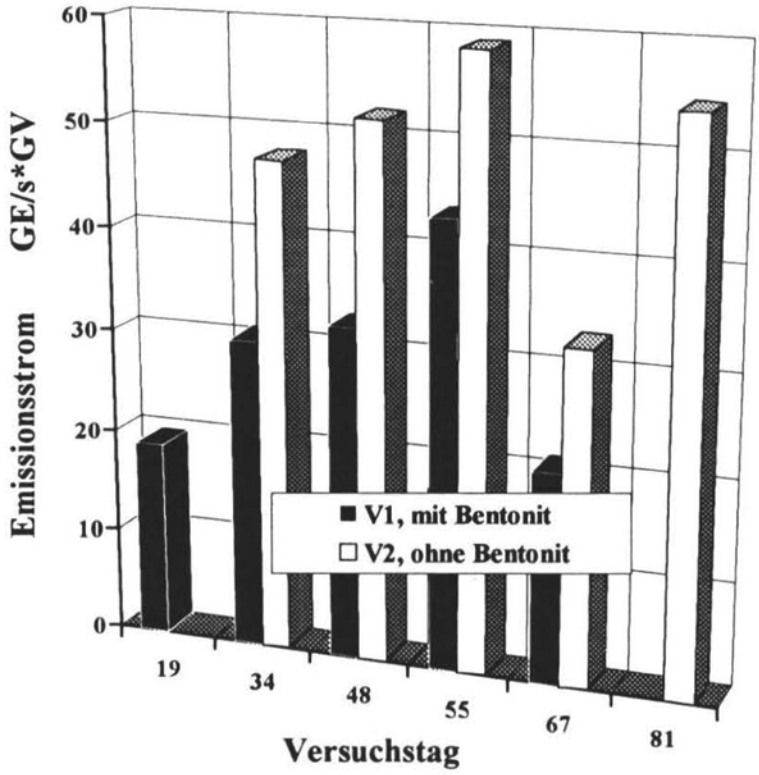


Abb. 6: Geruchsemissionsströme

Die Unterschiede im Verhältnis Ammonium- zu Gesamtstickstoff von Gülleproben aus Kanälen der Abteile V1 und V2 unterstreichen diese Ergebnisse. Bei nahezu gleichen TS-Gehalten und trotz etwas höherem pH-Wert liegt der Ammoniumanteil in der Gülle der mit FENAMIN gefütterten Tiere über dem in der Kontrollgruppe (HÖRNIG et al., 1994).

Ergänzend sei hier mitgeteilt, daß auch zum Stoffwechsel der Tiere bei Verfütterung von BENTONIT Untersuchungen angestellt wurden. Dabei deuten sich positive Wirkungen an, wie z. B. eine Senkung der Blutharnstoffwerte der Mastschweine oder eine Leberentlastung sowie puffernde Wirkung im Säure-Basen-Haushalt von Milchkühen. Das leberspezifische Enzym GlDH (Glutamat-Dehydrogenase) zeigte über die Versuchsdauer deutliche Unterschiede in der Versuchs- und Kontrollgruppe. Die geringeren GlDH-Werte in der „BENTONIT-Gruppe" deuten auf eine Milderung der im Tierbestand vorhandenen Leberbelastungen, so daß die Enzymaktivität im physiologischen Bereich blieb.

Schlußfolgerungen

Der Anwender von Futterzusätzen stellt hohe Anforderungen an die zum Einsatz vorgesehenen Produkte: Verbesserung der Stalluft für die Tiere, Vermeidung von Geruchsbelästigungen, Vermeidung von Sink- und Schwimmschichten in Güllekanälen und -behältern, aber auch Förderung von Tiergesundheit und -leistung. Die durchgeführten Arbeiten zeigen, daß solch komplexe Wirkungen von einem Futterzusatzstoff nicht erfüllt werden können. Sie weisen aber nach, daß durch die Verfütterung von BENTONIT (FENAMIN) eine umweltrelevante Reduzierung der Ammoniak- und Geruchsemissionen erreicht wird. Die Fließeigenschaften werden je nach Gülleart und TS-Gehalt differenziert verändert, und der Stoffwechselhaushalt von Schweinen und Rindern ist in Einzelparametern positiv beeinflußbar.
Weitere Untersuchungen sind erforderlich und vorgesehen.

Literatur

HÖRNIG, G.; TÜRK, M. & MÜLLER, H.-J. (1994): Zur Wirkung von Futter- und Gülle-zusatzstoffen auf die Emission von Schadgasen und Geruchsstoffen ... Forschungsbericht des ATB, Nr. 1994/1.

OLDENBURG, J. (1989): Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 333, Darmstadt.

ROM, H. B. (1994): Evaluationof photoacoustic ammonia dedection in livestock buildings. Report Nr. 94-C-032, AgEng'94, Mailand.

SCHWARZ, TH. (1989): Bentonit - mehr als ein inerter pharmazeutischer Hilfsstoff. Beiträge zur Wirkstofforschung, H. 34; Institut für Wirkstofforschung Berlin.

Ammoniak- und Staubmessungen in eingestreuten und einstreulosen Mastschweineställen

Steffen Klement, Antje Roß und Klaus-Peter Schwarz[1]

Einleitung

Am Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität Gießen werden im Rahmen eines Projektes zur artgemäßen Schweinehaltung u. a. Ammoniak- und Staubmessungen in eingestreuten und nichteingestreuten Mastschweineställen durchgeführt. Für dieses Projekt wurden insgesamt sieben als artgemäß eingestufte Betriebe, davon vier Mastschweinebetriebe, zur wissenschaftlichen Betreuung ausgewählt.
Untersuchungsschwerpunkte innerhalb dieses Projektes bilden Tierleistung, Tiergesundheit, Stallklima, Tierverhalten, Arbeitswirtschaft, Betriebswirtschaft und Baukosten.
Von einem Untersuchungsschwerpunkt, der Messung bestimmter Parameter des Stallklimas, soll in diesem Artikel berichtet werden. Im Vordergrund steht die kontinuierliche Erfassung der Ammoniakkonzentration in zwei eingestreuten Mastschweineställen sowie in einem strohlosen Vergleichsbetrieb. Darüber hinaus wird in allen Betrieben das Staubvorkommen gemessen.
Der Erhebungszeitraum erstreckt sich von August 1994 bis August 1995. Die im folgenden dargestellten Ergebnisse stellen erste Orientierungswerte dar.
Parallel erfolgen in den Mastbetrieben unter der Leitung von Frau Dr. Hertrampf (Professur für Innere Schweinekrankheiten an der JLU Gießen) veterinärmedizinische Untersuchungen v. a. des Atmungs- und Bewegungsapparates. Nach Abschluß der noch andauernden Untersuchungen (einschließlich 1995) ist zu erwarten, daß Zusammenhänge zwischen den beobachteten stallklimatischen Daten und der Tiergesundheit hergestellt bzw. quantifiziert werden können.

Betriebe

Tabelle 1 gibt einen Überblick über drei betreute Mastbetriebe.
Betrieb 1 verfügt über 650 Mastplätze, aufgeteilt auf zwei Ställe, die vom Stallsystem her identisch sind.

[1] Dipl.-Ing. agr. S. Klement, Dipl.-Ing. agr. A. Roß, Dr. agr. H.-P. Schwarz, Institut für Landtechnik, Braugasse 7, 35390 Gießen

Tab. 1: Übersicht der untersuchten Betriebe

Betrieb Nr.	Mast-plätze	Aufstallungs-system	Fütterung	Lüftung
1	650	Tiefstrohstall mit hoch-liegendem planbefestigtem Boden	Trockenfütterung (ad lib.)	Unterdrucklüftung mit 4 Abluftschächten
2	750	Tief eingestreuter Stall mit ca. 25% hochliegendem Spaltenboden	Trockenfütterung (ad lib.)	Freie Lüftung (Trauf/First)
3	900	Vormast: Teilspalten Endmast: Vollspalten	Trockenfütterung Flüssigfütterung	Unterflurentlüftung Futterganglüftung

Der Platz pro Tier beträgt etwa ein m^2. Es handelt sich um tief eingestreute Ställe mit 20% Buchtenanteil an hochgelegtem planbefestigten Boden. Die Fütterung erfolgt in trockener Form ad libitum im vorderen hochgelegten Buchtenbereich. Das Einstreuen von Rundballen (ca. 1 kg je Tier/Tag) erfolgt von einer quer über alle Buchten verlaufenden Ballenbrücke aus. Das Stroh wird auf diesem Betrieb unter Dach gelagert und weist eine relativ gute Qualität auf. Der Stallplan des Betriebes ist in Abbildung 1 dargestellt.

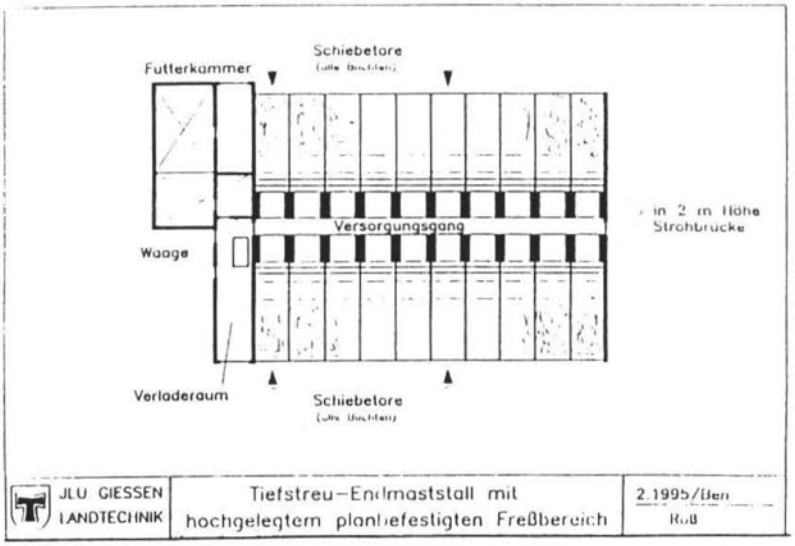


Abb. 1: Stallplan von Betrieb 1

Bei der Lüftung handelt es sich um eine Unterdrucklüftung mit zwei Abluftschächten, die im Sommer durch Öffnung der Schiebetore unterstützt wird. Entmistet wird dreimal jährlich.

Betrieb 2 hat 750 Mastplätze und wird kontinuierlich belegt. Es handelt sich ebenfalls um einen tief eingestreuten Stall, in diesem Fall jedoch mit ca. 25% der Buchtenfläche

als hochgelegtem Spaltenboden. Der Stallplan dieses Betriebes ist in Abbildung 2 dargestellt.

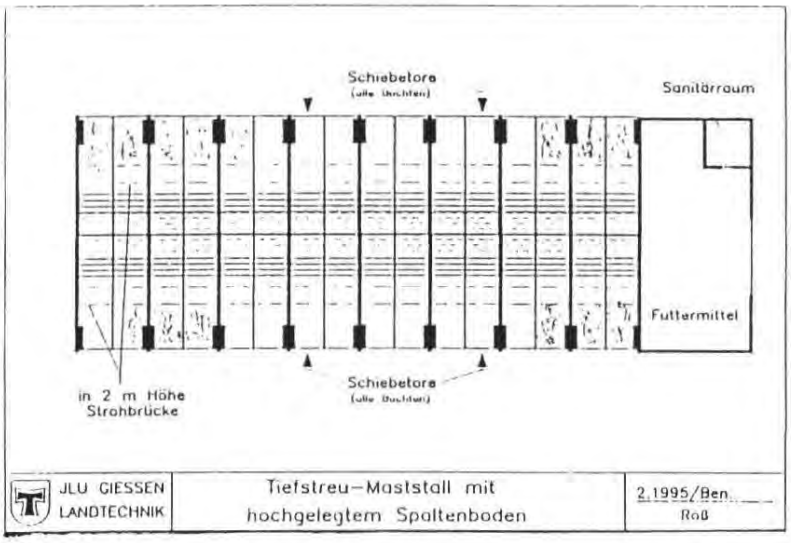


Abb. 2: Stallplan von Betrieb 2

Die Fütterung erfolgt als Trockenfütterung ad libitum, wobei sich die Futterautomaten im eingestreuten Bereich an der Stallaußenseite befinden.

Das Einstreuverfahren erfolgt analog der bei Betrieb 1 genannten Methode, die eingestreute Menge ist hier jedoch deutlich geringer (ca. 400 g/Tier/Tag). Die Strohlagerung findet im Freien und ohne Abdeckung statt, was eine schlechtere Strohqualität zur Folge hat. Der Stall hat eine Trauf-First-Lüftung, die im Sommer durch Öffnen der Schiebetore unterstützt wird.

Betrieb 3 ist als Vergleichsbetrieb in der Betreuung. Es handelt sich um einen einstreulosen Mastschweinestall mit 900 Plätzen und kontinuierlicher Belegung. Die Tiere werden in der Vormast auf Teilspaltenboden gehalten und trocken gefüttert. Rieselkanäle sorgen für Zuluft, entlüftet wird im Unterflurverfahren. Die Mittel- und Endmast findet in Vollspaltenbuchten statt. Die Tiere werden dort flüssig gefüttert, die Lüftung erfolgt in diesen beiden Bereichen als Futterganglüftung.

Meßtechnik und Meßmethodik

NH_3-Messung

Für die kontinuierliche NH_3-Messung werden die nach elektrochemischem Verfahren arbeitenden Diffusionssensoren (Polytron) der Firma Dräger eingesetzt.

Die Sensoren sind direkt im Aufenthaltsbereich der Tiere angebracht und werden mit Hilfe eines Käfigs vor den Tieren geschützt. Die Aufzeichnung der Werte erfolgt jede Minute rund um die Uhr. Die Sensoren werden wöchentlich kalibriert oder ausgetauscht, um einer Sättigung der Sensoren bzw. einer Abnahme der Meßempfindlichkeit entgegenzuwirken.

Parallel dazu finden zur Überprüfung auf allen drei Betrieben Gaskonzentrationsmessungen mit einem mobilen Multigasmonitor, der nach einem photoakustischen IR-Spektroskopieverfahren arbeitet, statt. Dabei werden einmal wöchentlich je Betrieb in verschiedenen Buchtenbereichen im Aufenthaltsbereich der Tiere jeweils 20 minütige Messungen durchgeführt.

Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Als wichtige Stallklimafaktoren erfolgen kontinuierliche Temperatur- und Luftfeuchtemessungen. Beide Parameter werden von im Tierbereich angebrachten Sensoren mit Minidataloggern permanent gemessen und alle 15 Minuten gespeichert.

Staub

Das Staubvorkommen in jedem Stall wird auf verschiedene Weise untersucht:

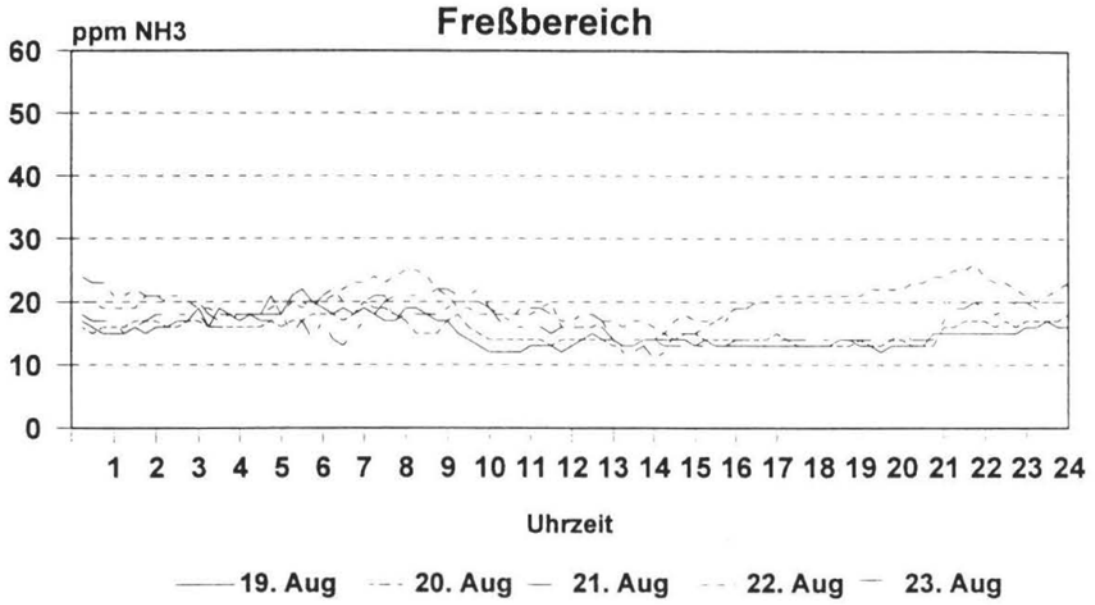
- Qualitativ: In jedem Stall ist ein Staubsammelbrett ($1 m^2$) in der untersuchten Bucht in 1,70 m Höhe angebracht, von dem in zweiwöchentlichem Abstand Sedimentationsstaubproben gezogen werden, die auf ihren Endotoxin- und Gesamtkeimgehalt, sowie die organische Zusammensetzung untersucht werden (Analyse: Prof. Hartung, TiHo Hannover).
- Quantitativ: Ein in der Bucht angebrachtes Streulichtphotometer mißt die Konzentration luftgetragener Feinstaubpartikel auf optische Weise und gibt ein Meßsignal zwischen 4 und 20 mA aus, das proportional zur Teilchenanzahlkonzentration ist. Bei der Messung werden die Staubpartikel in der Meßkammer des Fotometers beleuchtet. Das Streulicht liefert einen Streulichtintensitätswert $I_{TM.}$ Dieser relative Wert wird einmal je Minute aufgezeichnet und muß mit gravimetrischen Staubmessungen verrechnet werden.

  Die gravimetrischen Staubmessungen erfolgen wöchentlich mit Hilfe eines Gesamtstaubprobengerätes, welches bei konstanter Pumpenleistung von 3,5 l/min Staub ansaugt, der sich auf einem Filter sammelt und anschließend verwogen wird (Massenkonzentration **C** des Staubes in mg/m^3). Daraus berechnet sich das Verhältnis Massenkonzentration zu Streulichtintensität. Da eine gute lineare Korrelation der Meßwerte des Streulichtfotometer zu gravimetrischen Staubmessungen besteht, kann durch Verrechnung der beiden gemessenen Werte die absolute Staubbelastung ermittelt werden.

Bezüglich der Staubmessungen liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch keine aussagekräftigen Ergebnisse vor. Der Einsatz v.a. des optischen Gerätes bereitete zu Beginn der Messungen im praktischen Einsatz noch Schwierigkeiten.

Ergebnisse der NH_3-Messungen

Abbildung 3 zeigt die während der Zeit vom 18. bis 24. August in Stall 1 gemessenen NH_3-Konzentrationen aus dem hochgelegten, planbefestigten Freßbereich sowie aus dem Liegebereich.



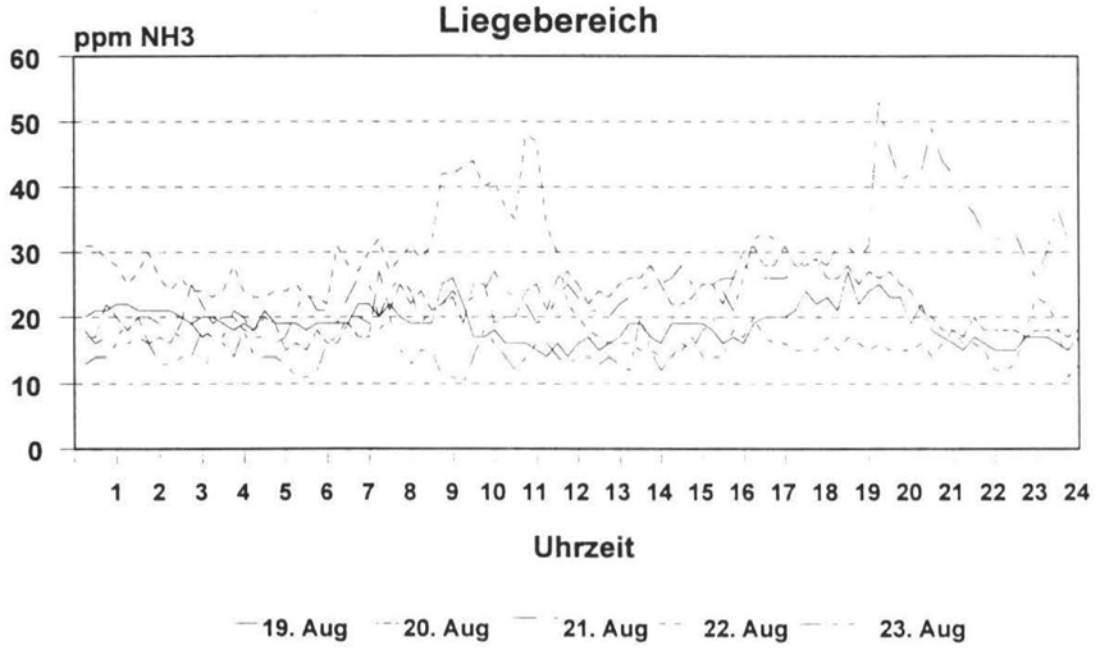


Abb. 3: Verlauf der NH3-Konzentration in Stall 1

Die NH3-Werte wurden zusammengefaßt, indem jeweils über 15 Minuten der Mittelwert gebildet wurde. Die gemessenen Konzentrationen liegen im sehr sauberen Freßbereich etwa im Bereich zwischen 15 und 25 ppm und schwanken nur relativ wenig. Im Liegebereich der Tiere sind die NH3-Konzentrationen im Vergleich der einzelnen Tage heterogener und auch die Schwankungen im Tagesverlauf sind stärker. Ein tageszeitabhängiger Kurven- bzw. Konzentrationsverlauf läßt sich aus diesen Daten nicht erkennen.

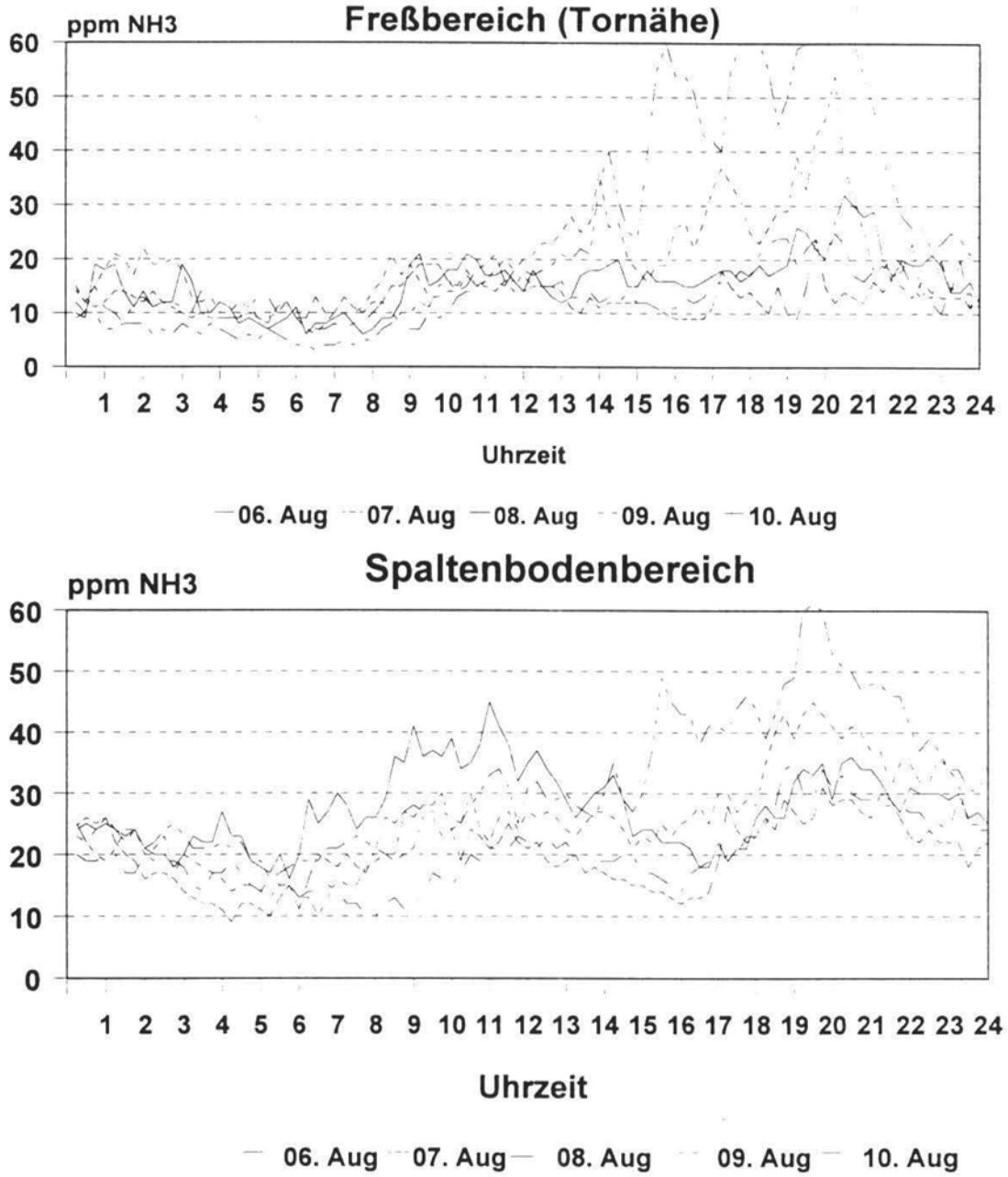


Abb. 4: Verlauf der NH3-Konzentration einer Woche in Stall 2

Abbildung 4 zeigt Meßergebnisse für Ammoniak einer Woche im August 94 aus zwei Buchtenbereichen in Stall 2. Es ist zu erkennen, daß das Niveau der NH_3-Konzentration im vorderen Buchtenbereich, in der Nähe des tagsüber geöffneten Tores, deutlich niedriger liegt als im Bereich des Spaltenbodens. Abends, bei geschlossenen Toren, steigt das Niveau etwas an, wobei die am 10. August nachmittags und am Abend auftretenden Spitzenkonzentrationen von über 80 ppm im Freßbereich noch nicht schlüssig erklärt werden können. Allerdings zeigt auch der zweite Sensor an diesem Datum und zur entsprechenden Uhrzeit ähnlich hohe Werte.

Betrieb 3 wurde erst später in das Projekt genommen, so daß für den August keine Aufzeichnungen vorliegen. Mit der Aufzeichnung von NH_3-Konzentrationen wurde in diesem Stall im Oktober begonnen.

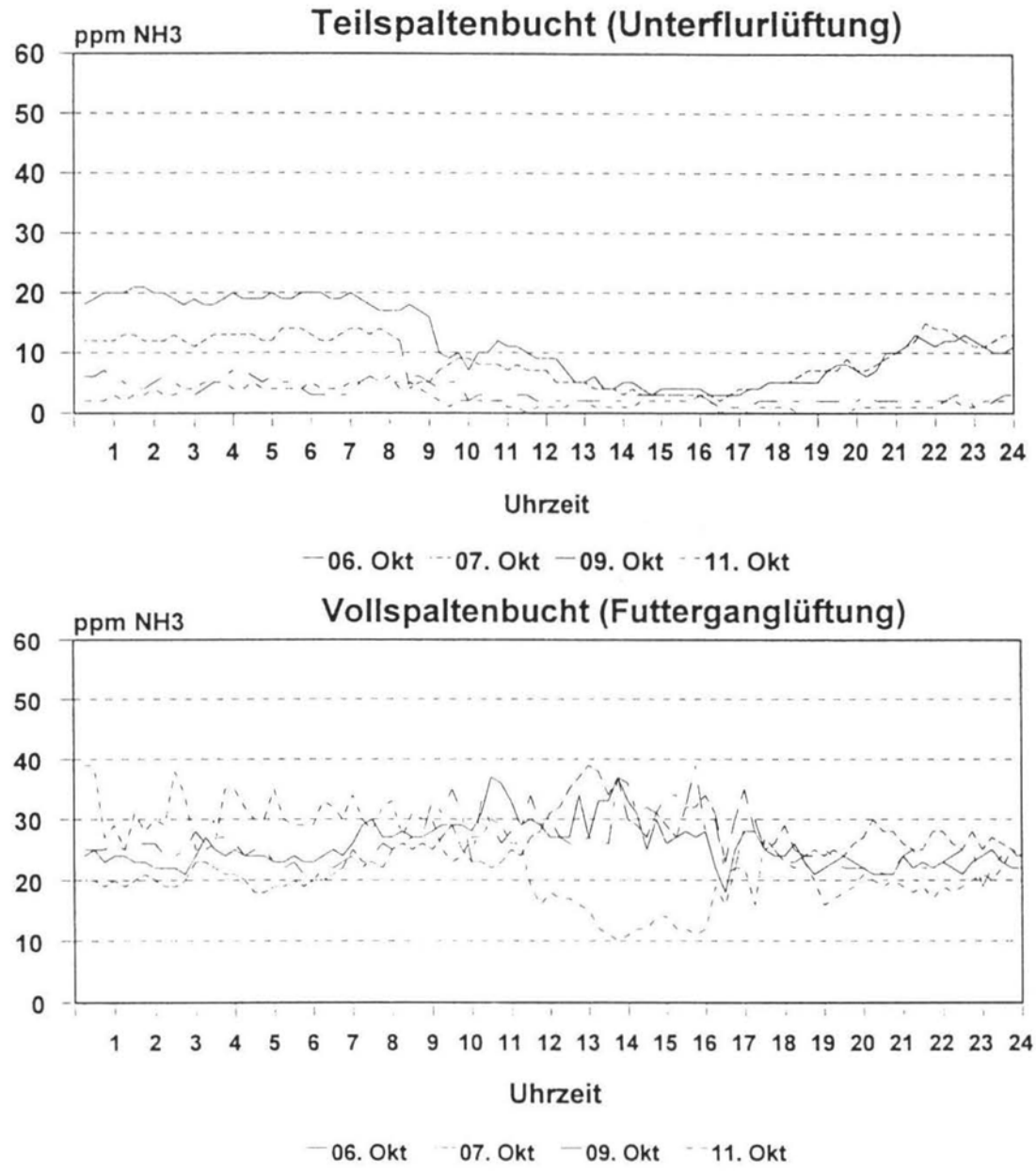


Abb. 5: Verlauf der NH3-Konzentration einer Woche in Stall 3

Abbildung 5 zeigt den NH_3-Konzentrationsverlauf bei Betrieb 3 an vier Tagen im Oktober. Während die Ammoniakkonzentration im Abteil mit Unterflurlüftung tagsüber nahezu immer unter 10 ppm liegt und nachts ansteigt, ist in der Vollspaltenbucht mit Futterganglüftung keine Regelmäßigkeit erkennbar. In diesem Fall liegen die Werte insgesamt auf einem höheren Niveau, zwischen ca. 20 und 35 ppm und schwanken fast während der gesamten Tagesverläufe sehr stark.

Schlußbemerkungen

Die durchgeführten Messungen von NH_3 in verschiedenen Mastschweineställen zeigen, daß die Konzentrationen sowohl an unterschiedlichen Meßpunkten der Bucht als auch. im tageszeitlichen Verlauf um ein beträchtliches Maß voneinander abweichen können. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit von kontinuierlichen Messungen an verschiedenen Stellen im Stallraum.

Die Betrachtung der bisherigen Ergebnisse deutet darauf hin, daß die Belastungen in allen untersuchten Ställen deutlich und teilweise über längere Zeit hinweg über der in der Schweinehaltungsverordnung vorgeschriebenen Grenze von 20 ppm liegen.

Es läßt sich festhalten, daß meßtechnische Schwierigkeiten beim Einsatz der verwendeten Geräte sowohl für NH_3 als auch bei Staub auftreten, die exakte Aussagen zur Belastung im Tierbereich nur schwer zulassen.

Trotzdem sind wir der Meinung, daß die gewonnenen Daten das Niveau der NH_3 Belastung ausreichend gut erfassen. Es handelt sich um Feldversuche, bei denen nicht Massenströme erfaßt werden sollen, sondern es wird festgestellt, wie stark die Belastung der die Tiere unmittelbar umgebenden Luft ist und ob sich daraus Zusammenhänge mit der Tiergesundheit quantifizieren lassen.

Bestätigt werden unsere Meßergebnisse dadurch, daß wir in den jeweils gleichen Ställen mit verschiedenen Drägersensoren regelmäßig ähnliche Werte messen und auch bei den parallel durchgeführten Messungen mit dem Infrarotmessgerät etwa gleiche Konzentrationen erhalten.

Minderung der Ammoniak- und Geruchsemissionen in Schweineställen mittels Luftwäscher/Biofilterkombination

Volker Siemers[1], Angelika Pfeiffer[1], Hans-Jürgen Langholz[2], Hermann Van den Weghe[1]

Einleitung

In der Nutztierhaltung gewinnt die Stallabluft unter den Emissionsquellen aus den Intensivtierhaltungssystemen für Geflügel und Schwein immer mehr an Bedeutung. Durch die fortschreitende Konzentration der Tierhaltung in Teilen des Weser-Emslandes wachsen Kritik, Besorgnis und Ablehnung in der Bevölkerung an. Eine deutliche Reduktion dieser Emissionen erfordert entsprechende Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verminderung. Die biologische Abluftreinigung mittels Biofilter stellt ein solches Verfahren dar, dessen Wirkungsgrad im Hinblick auf Ammoniak-, Geruchs- und Staubabsorption untersucht werden muß.

Ziele der Untersuchungen

Die Ziele bestehen in der Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Biofilteranlage in bezug auf die Reduzierung der Ammoniak-, Geruchs- und Partikelemissionen. Eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit soll auch in Abhängigkeit unterschiedlicher Fütterungsstrategien (konventionell; zweiphasig, proteinreduziert) durchgeführt werden. Darüber hinaus gilt es, aus den gewonnenen Ergebnissen Planungsdaten für den Bau von Biofilteranlagen hinsichtlich der Filterbettschütthöhe, der Befeuchtungsintensität der Biofilterbettschüttung sowie der Naßfilterpatronen im Biofilterinnenraum zu erarbeiten.

Material und Methoden

Nachfolgend werden die einzelnen Versuchsvarianten und stallspezifischen Parameter vorgestellt. Darüber hinaus wird auf den Luftwäscher- bzw. Biofilteraufbau sowie die Meßtechnik zur Ammoniakquantifizierung eingegangen. Die einzelnen Versuchsvarianten sind in der Tabelle 1 näher beschrieben. Die Untersuchungen an vier Biofiltern (A bis D) werden in zwei Versuchsbetrieben durchgeführt. Die Biofilteranlagen unterscheiden sich sowohl in ihrer Grundfläche (A, 50 m²; B, 45 m²; C und D jeweils 25 m²), als auch in der Schütthöhe des Biofiltermaterials (Wurzelholzschredder). Um Einflüsse der Schütthöhe untersuchen zu können, wurde das Material mit 40 cm (A), 70 cm (B) und 50 cm (C und D) auf das Filterbettgerüst aufgetragen. Jedem Biofilter ist ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt zugeordnet worden.

[1] Dipl.-Ing. agr. V. Siemers, Dr. A. Pfeiffer, Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe, Georg-August-Universität Göttingen, Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Driverstr. 22, 49377 Vechta

[2] Prof. Dr. H.-J. Langholz, Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Albrecht-Thaer-Weg 3, 37073 Göttingen,
Förderung durch: „Deutsche Bundesstiftung Umwelt",

Tab. 1: Versuchsvarianten der Biofilteranlagen

Versuchsbetrieb	1		2	
Biofilter	A	B	C	D
Biofiltergrundfläche	50 m^2	45 m^2	25 m^2	25 m^2
Biofiltermaterial	Wurzelholzschredder			
Schütthöhe	40 cm	70 cm	50 cm	50 cm
Untersuchung	Befeuchtung der Filterbettschüttung	Wirkung des Naßfilters	Fütterungsstrategie	
Schwerpunkt	Schmutzwasser Frischwasser ohne Wasser	Befeuchtung der Stallabluft	konvent.	proteinred. zweiphasig

Durch den Biofilter A sollen Daten zur Befeuchtungsintensität, bzw. Befeuchtungsqualität erhoben werden. Unter zwei Meßzelten, die eine Grundfläche von je 10 m^2 vorweisen, wird das Biofiltermaterial mit Schmutzwasser (Pumpensumpfwasser) und Frischwasser befeuchtet. Unter einem dritten Zelt wird das Filtermaterial nicht befeuchtet. Biofilter B soll Aufschluß über die Wirkung des Naßfilters und die Intensität der Befeuchtung der Stallabluft geben. Bei den identisch aufgebauten Biofiltern C und D wird die unterschiedliche Fütterungsstrategie verglichen (konventionell (C); proteinreduziert (D)).

Stallspezifische Parameter

Die Unterschiede in den Grundflächen der einzelnen Biofilter resultieren aus den unterschiedlichen Tierzahlen.

Tab. 2: Stallspezifische Parameter der Versuchsbetriebe

	Betrieb 1		**Betrieb 2**	
Biofilter	**A**	**B**	**C**	**D**
Tierzahl	400	280	200	200
LM [kg] Beginn	ca. 30		ca. 25	
Ende	115 - 120		125 - 130	
Fütterung	Flüssigfütterung			
	konvent.	konvent.	konvent.	proteinred. zweiphasig
Fütterungsfrequenz	3 x täglich		2 x täglich	
Haltung der Tiere	Teilspalten		Vollspalten	

Im Biofilter A soll die Stallabluft von 400 Tieren, im Biofilter B von 280 Tieren und in den Biofiltern C und D von jeweils 200 Tieren gereinigt werden. Ein weiterer betriebsspezifischer Unterschied liegt im Ein- und Ausstallgewicht der Mastschweine. Betrieb 1 stallt mit durchschnittlich 30 kg (Lebendmasse) ein und mit ca. 115 - 120 kg werden die Tiere geschlachtet. Betrieb 2 stallt mit einem geringeren Gewicht ein (ca. 25 kg Lebendmasse) und schlachtet die Tiere mit durchschnittlich 125 - 130 kg. In beiden Betrieben wird eine Flüssigfütterung durchgeführt (3x tägl., Betrieb 1; 2x tägl., Betrieb 2), wobei in einem Stallabteil (Biofilter D) ein proteinreduziertes Futter (zweiphasig) eingesetzt wird. Die Haltung der Tiere erfolgt auf Teil- (Betrieb 1), bzw. Vollspaltenboden (Betrieb 2).

Luftwäscher/Biofilteraufbau

Die auf ihre Leistungsfähigkeit zu untersuchenden Biofilter mit vorgeschaltetem Luftwäscher sind in ihrer technischen Bauweise vergleichbar. Abbildung 1 zeigt eine schematische Querschnittszeichnung dieser Biofilteranlage.

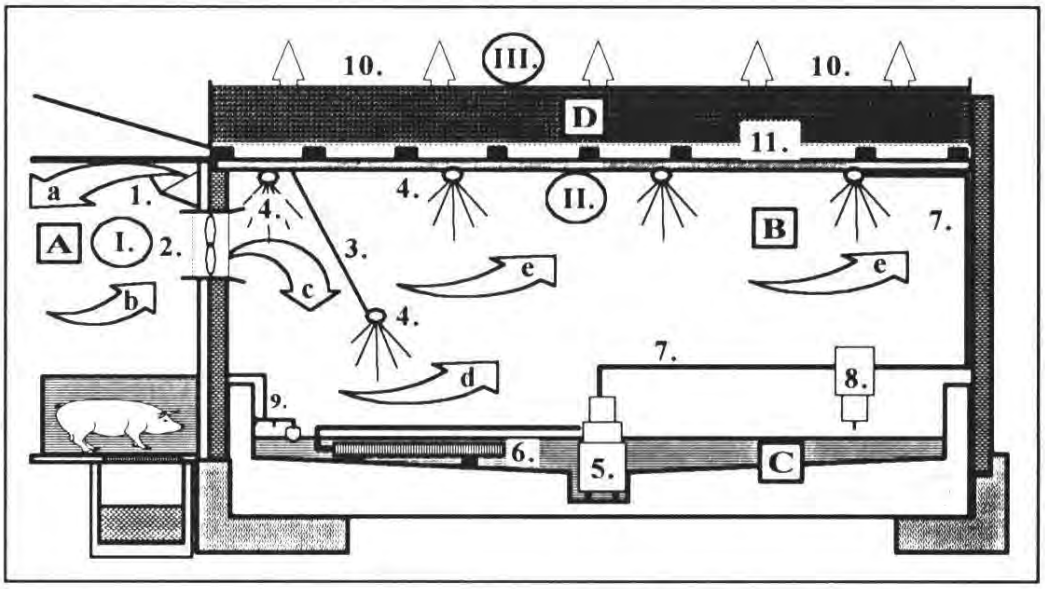


Abb. 1: Schematische Querschnittszeichnung der Luftwäscher/Biofilteranlage

A Stall:
Der Stall wird nach dem Unterdruckprinzip be- und entlüftet. Die notwendige Frischluft, bzw. Zuluft (a) tritt an beiden Längsseiten des Stalls über automatisch verstellbare Zuluftklappen (1. temperaturgesteuert) in den Stallinnenraum ein. Die mit Gasen und Partikeln kontaminierte Abluft wird von den Ventilatoren (2.), deren Leistung temperaturgesteuert ist, zentral aus dem Stall abgesaugt (b) und in den Biofilterinnenraum gedrückt (c).

B Biofilterinnenraum:
Die von den Ventilatoren in den Biofilterinnenraum geförderte Stallabluft prallt mit hoher Geschwindigkeit gegen die Luftumlenkklappe (3.), erfährt somit eine Richtungsänderung, wodurch ihre Geschwindigkeit gleichzeitig verringert wird (c, d). Durch diese Geschwindigkeitsabnahme wird die Entstaubung, bzw. Befeuchtung der Stalluft durch den an der Filterdecke angebrachten Naßfilter (4.) erhöht.

Der Naßfilter setzt sich aus vier Druckleitungen mit je neun Spritzdüsen einer Pflanzenschutzspritze zusammen. Durch die hohe Anzahl der Spritzdüsen (4.), die im gesamten Biofilterinnenraum angebracht sind, tritt die Stallabluft (e) wassergesättigt, in den eigentlichen Filterraum (D) ein. Die Spritzdüsen des Naßfilters haben einen Flachstrahlkegel aus rostfreiem Edelstahl mit einer Durchsatzleistung von 2 l/min.

C Pumpensumpf:
Der Pumpensumpf stellt den gesamten Wasserspeicher des Naßfilters dar und bestimmt den Grundriß der Biofilteranlage. Das Pumpensumpfwasser wird kontinuierlich von einer Saug-Druck-Pumpe (5.) über einen Stabfilter (6.) angesaugt und in die Druckleitung (7.) des Naßfilters gepumpt. Die Pumpe hat eine maximale Förderleistung von 4500 l/h bei einem Druck von 4,5 bar. Damit die an der Längsseite des Biofilters angebrachten "Naßfilterdruckleitungen" mit den Spritzdüsen nicht zu stark verschmutzen, ist der Druckleitung (7.) ein selbstreinigender Schmutzwasserfilter (8.) vorgeschaltet. Die verdunstete Wassermenge wird über einen Schwimmer (9.), der mit einer Frischwasserleitung verbunden ist, kontinuierlich ausgeglichen.

D Filterraum:
Der Filterraum hat die gleichen Abmessungen wie der Pumpensumpf. Das Filtermaterial besteht aus Wurzelholzschredder und liegt auf einem verzinkten Drahtgitter, welches auf Bongossibalken montiert ist (11. Filterbettgerüst). Zur Quantifizierung des NH_4-N-Gehaltes der Luft, roh- und reingasseitig, wird im Stall (I), im Biofilterinnenraum (II) und unter Meßzelten (III) kontinuierlich Luft abgesaugt.

Meßtechnik, Luftsammeltechnik

Die Meßpunkte des Ammoniakgehaltes sind rohgasseitig im Stall und im Biofilterinnenraum, sowie reingasseitig in jedem Meßzelt lokalisiert. Die Meßtechnik nach A. PFEIFFER et al (1993), ist in der Abbildung 2 dargestellt.

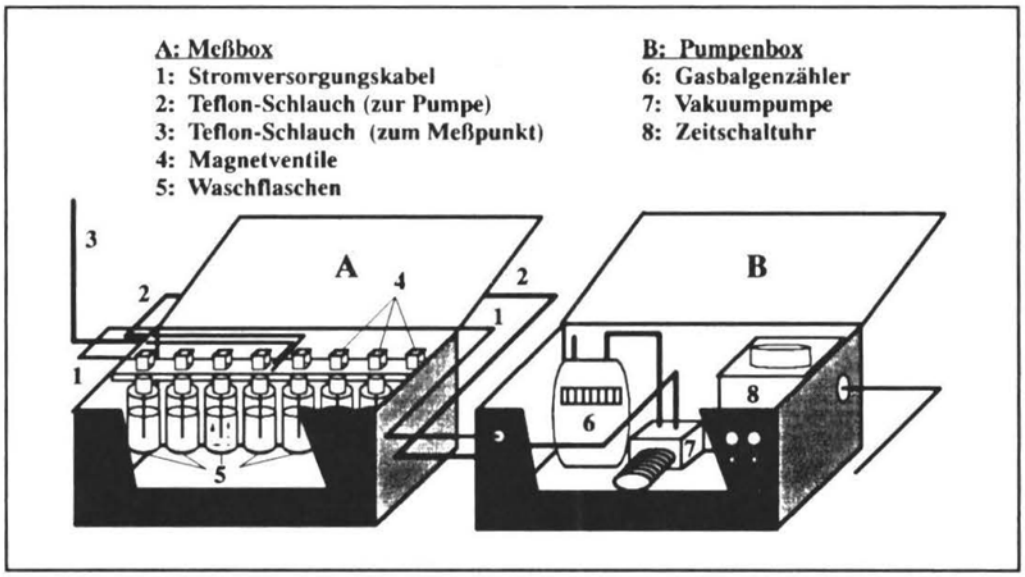


Abb. 2: Schematische Darstellung der Meßtechnik zur Erfassung des Ammoniakgehaltes

An eine Pumpenbox (B) können maximal sechs Meßboxen (A) angeschlossen werden,

die sowohl durch ein Stromversorgungskabel (1), als auch durch einen PE-Schlauch (2) mit der Pumpenbox in Verbindung stehen. Ein weiterer PE-Schlauch (3) führt von dem jeweiligen Meßpunkt zur Meßbox. Die Pumpe (7) erzeugt ein Vakuum, so daß konti-nuierlich Luft angesaugt, durch die Waschflaschen (5) transportiert wird und über den Gasbalgenzähler (6) austritt. In einer Stunde werden pro Waschflasche 60 l Luft, die mit 200 ml 0,01-normaler H_2SO_4-Lösung gefüllt ist und das Ammoniak quantitativ als $(NH_4)_2SO_4$ bindet, gespült. Die Luftmenge von 60 l/Stunde wird über kritische Kap-pilaren, die an der Innenseite der Pumpenbox angebracht sind, reguliert. In jeder Meßbox befinden sich acht Waschflaschen. Der Zugang einer Waschflasche wird je nach gewünschter Meßdauer (im Versuch 24 Stunden) über ein Magnetventil (4), welches über eine Zeitschaltuhr (8) gesteuert wird, geöffnet, bzw. geschlossen. Zur Quantifizierung der Ammoniakmengen wurden die Ventilatorleistungen mit einem Anemometer bestimmt. Jeder Ventilatorstufe ist ein Betriebsstundenzähler vorgeschaltet, der täglich abgelesen wird. Über die Einsatzdauer der Ventilatoren und die gemessene Leistung kann die gesamte Abluftmenge pro Tag bestimmt und somit der NH_4-N-Gehalt errechnet werden.

Ergebnisse

Aus den Ergebnissen des ersten Mastdurchgangs wird zunächst die rohgasseitige Ammoniak-Fracht des Betriebes 1, die in den Biofilter A geströmt ist, beschrieben. Im weiteren Verlauf wird auf die reingasseitige NH_4-N-Fracht, die bei unterschiedlicher Befeuchtung des Biofiltermaterials (Frischwasser, Schmutzwasser, ohne Wasser) am Biofilter A berechnet wurde, eingegangen. Abschließend wird der Einfluß der Naßfilterposition beschrieben und die mögliche Reinigungsleistung näher erläutert.

Ammoniakemission (rohgasseitig)

In Abbildung 3 wurde die NH_4-N-Fracht in kg/Tag über einen Versuchszeitraum von 104 Tagen aufgetragen.

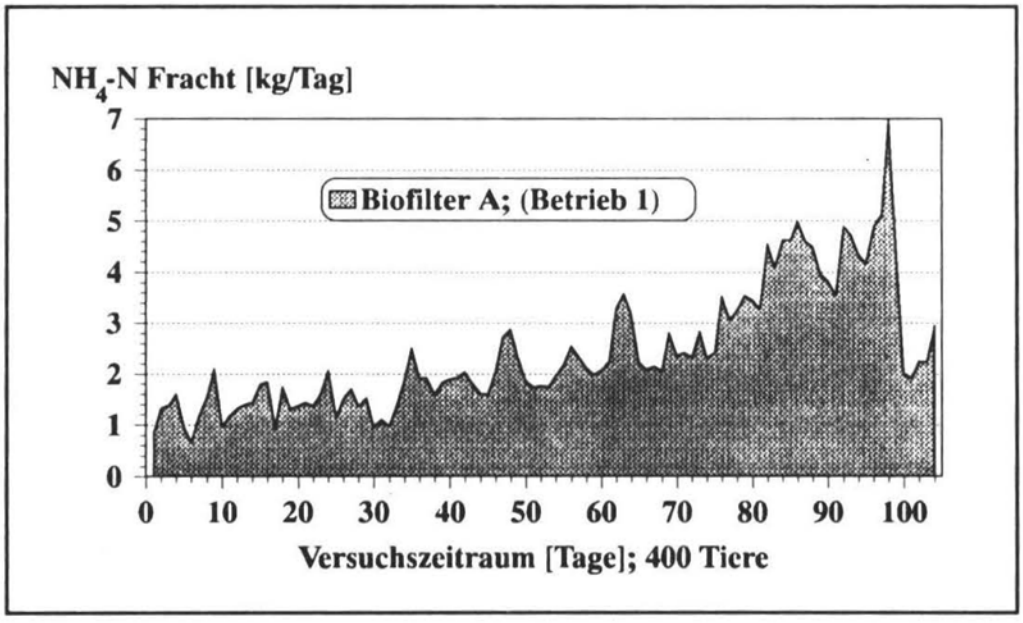


Abb. 3: Gesamte NH_4-N-Fracht (rohgasseitig) des ersten Mastdurchges in den Biofilter A

In der Vormast (ca. 25 bis 50 kg; Lebendmasse) enthält die Stallabluft (Meßpunkt I) durchschnittlich eine Menge von 1,5 kg NH_4-N/Tag, die in den Biofilter A gelangt und in der Endmast (ab 50 kg Lebendmasse) auf ca. 4,5 bis 5,0 kg NH_4-N/Tag ansteigt. Der maximale Wert von fast 7,0 kg NH_4-N/Tag am 100. Meßtag ist durch eine erhöhte Aktivität der Tiere zu erklären, da an diesem Tag 53 Tiere ausgestallt wurden. Durch die geringere Tierzahl im Stall sinkt die NH_4-N-Fracht anschließend um fast 5,0 kg pro Tag ab und steigt auf einen durchschnitlichen Gehalt von 2,5 bis 3,0 kg NH_4-N/Tag in der Endphase der Mast wieder an. Die Schwankungen von 0,5 bis 1,0 kg NH_4-N/Tag in der Vormast, bzw. 1,0 bis 1,5 kg NH_4-N/Tag in der Mitte der Mast sind auf Temperaturschwankungen der einströmenden Frischluft-, bzw. der ausströmenden Stallabluftmengen, zurückzuführen.

Ammoniakemission (reingasseitig), Reinigungsleistung

In Biofilter A wird der Einfluß von Art und Menge der Befeuchtung des Filterbettmaterials untersucht. Unter zwei Meßzelten wird das Wurzelholzschredder mit Frischwasser, respektive mit Pumpensumpfwasser bis zur Sättigung befeuchtet. Die Wassermenge pro Quadratmeter Filterfläche wird über einen Beregnungscomputer elektronisch gesteuert. Im dritten Meßzelt wird auf die Beregnung verzichtet. Abbildung 4 zeigt die NH4-N-Frachten dieser Teilvarianten, welche in kg/Tag reingasseitig emitiert sind. Es wird deutlich, daß durch die Befeuchtung mit Frischwasser die höchste Reinigungsleistung des Biofilters erzielt werden kann (durchschnittlich 90 %).

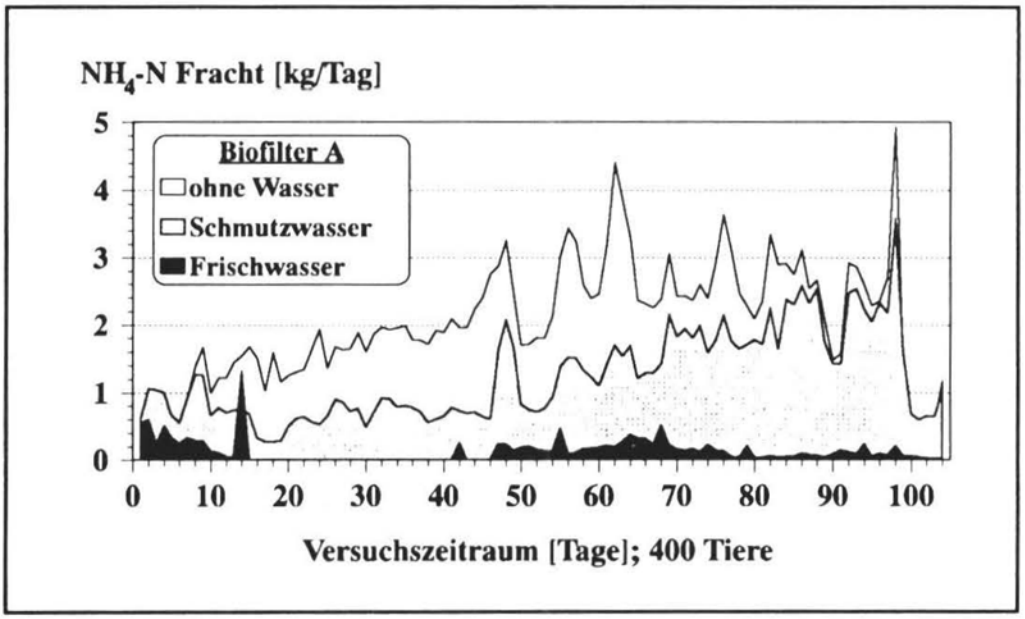


Abb. 4 Gesamte NH_4-N-Fracht (reingasseitig) durch die Befeuchtungsvarianten

Zwischen dem 15. und 46. Tag wurde die Schüttung mit 170 bis 200 l Wasser/m^2 und Tag befeuchtet. In diesem Zeitraum lag die Ammoniakkonzentration unter der Nachweisgrenze. Während der übrigen Versuchstage wurde mit 50 bis 100 l/m^2 und Tag beregnet. Es ist zu beobachten, daß die durchschnittliche NH_4-N-Fracht unter 0,5 kg/Tag liegt. Durch die Befeuchtung mit Schmutzwasser (Pumpensumpf) wird eine Reinigungsleistung von ca. 50 % erzielt. Die NH_4-N-Frachten reingasseitig liegen mit ca. 0,8 bis 1,2 kg NH_4-N/Tag in der Vormast, mit ca. 2,0 kg NH_4-N in der Endmast über den Gehalten der "Frischwasservariante", aber deutlich unter der Variante "ohne

Wasser" (2,0 bis 2,5 kg NH_4-N/Tag). Im gesamten Versuchszeitraum wurde die Schüttung unter dem Meßzelt mit einer Schmutzwassermenge von 25 bis 50 l/m^2 und Tag befeuchtet. Ohne eine Befeuchtung mit Wasser werden die geringsten Reinigungsleistungen mit ca. 30 % erzielt. Im Vergleich beider Abbildungen 3 und 4 wird deutlich, daß dieser Effekt überwiegend aus dem NH_4-N Abbau in der Endmastphase resultiert. Zwischen dem 26. und 70. Versuchstag wurde ein durchschnittlich höherer NH_4-N-Gehalt reingasseitig analysiert, als in der Stallabluft, die in den Biofilterinnenraum (rohgasseitig) gefördert wurde. Durch die Naßfilterwirkung nimmt das Pumpensumpfwasser kontinuierlich NH_4-N auf, welches sich jedoch aufgrund der Sprühtechnik im Biofilterinnenraum zum Teil verflüchtigt. Somit liegen die NH_4-N Konzentrationen der Luft, welche die Filterbettschüttung passiert, in der Regel über den Gehalten, die in der Stallabluft rohgasseitig analysiert werden. Hinzu kommt, daß in diesem Zeitraum die Abluft aus dem Biofilterinnenraum nicht vollständig mit Wasser gesättigt war, somit das Wurzelholz zu trocken wurde, um einen NH_4-N Abbau durch die Bakterien zu gewährleisten.

Einfluß der Naßfilterposition, Reinigungsleistung

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, daß die Naßfilterposition im Biofilterinnenraum einen starken Einfluß auf die Reinigungsleistung der Stallabluft hat. In Abbildung 5 sind die Gesamtammoniakmengen (in kg/Mastdurchgang) der Stalluft (rohgasseitig) und der Biofilterzuluft (rohgasseitig) gegenübergestellt. Auf den Biofilter D wird nicht weiter eingegangen, da der erste Mastdurchgang bei der Versuchsauswertung noch nicht beendet war.

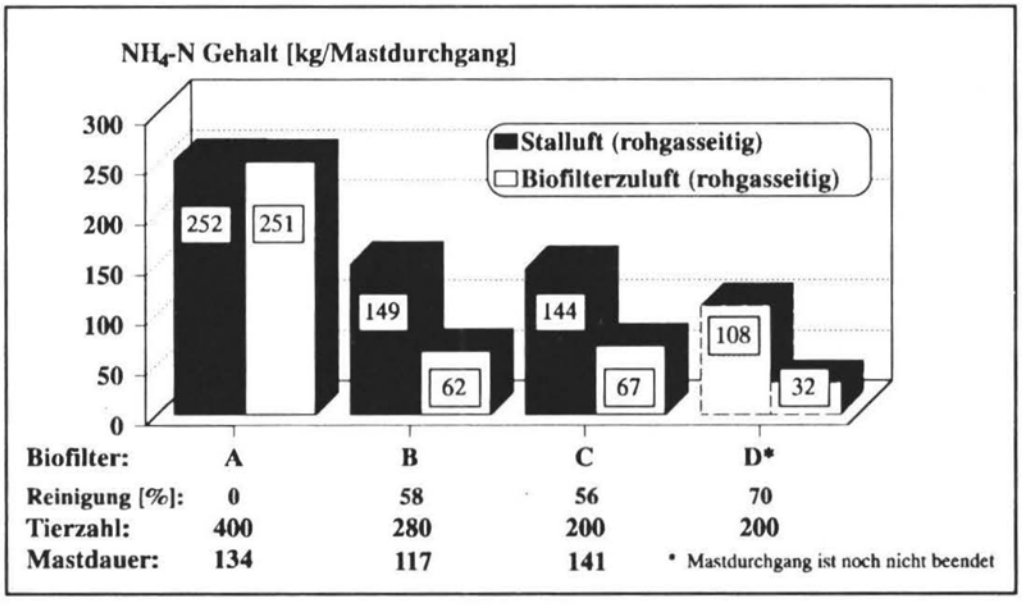


Abb. 5: Gesamte NH_4-N-Emission (rohgasseitig) der Stallabteile in die 4 Biofilter

Es ist zu beobachten, daß die Ammoniakgehalte der Biofilterzuluft (Meßpunkt II) bei Biofilter B und C um 58, bzw. 56 % unter den Gehalten liegen, die in den Biofilterinnenraum über die Stallabluft emitiert sind. Betrachtet man dagegen die Ammoniakmengen, die aus dem Biofilterinnenraum A in die Filterbettschüttung einströmen, wird deutlich, daß der Naßfilter hier keine Reinigungsleistung erbracht hat; 252 kg NH_4-N entweicht aus dem Stallabteil, 251 kg NH_4-N verlassen den Biofilterinnenraum. Um

diesen Unterschied der Reinigungsleistung der Biofilter A, B und C zu verdeutlichen, sei auf die Abbildung 1 verwiesen. In den beiden Biofiltern B und C ist die Druckleitung des Naßfilters an drei Leitungen unterhalb der Filterbettschüttung und an der Unterkante der Luftumlenkklappe angebracht. Der Abstand dieser Leitungen zur Wasseroberfläche des Pumpensumpfwassers beträgt 40 (B), bzw. 30 cm (C). Im Biofilter A wurde die Druckleitung oberhalb der Ventilatoren und an zwei Leitungen im Biofilterinnenraum angebracht. Durch diese Anbringungstechnik verwirbeln einerseits die Wasseraerosole um ein vielfaches mehr, andererseits ist der Abstand der Druckleitung über den Ventilatoren zur Wasseroberfläche des Pumpensumpfes um ca. zwei Meter größer als in den Biofiltern B und C. Dies läßt darauf schließen, daß durch diese Technik das Ammoniak nicht im Pumpensumpfwasser gebunden und eine große Menge durch die Verwirbelung freigesetzt wird. Die nachfolgende Abbildung 6 soll diese Hypothese unterstützen.

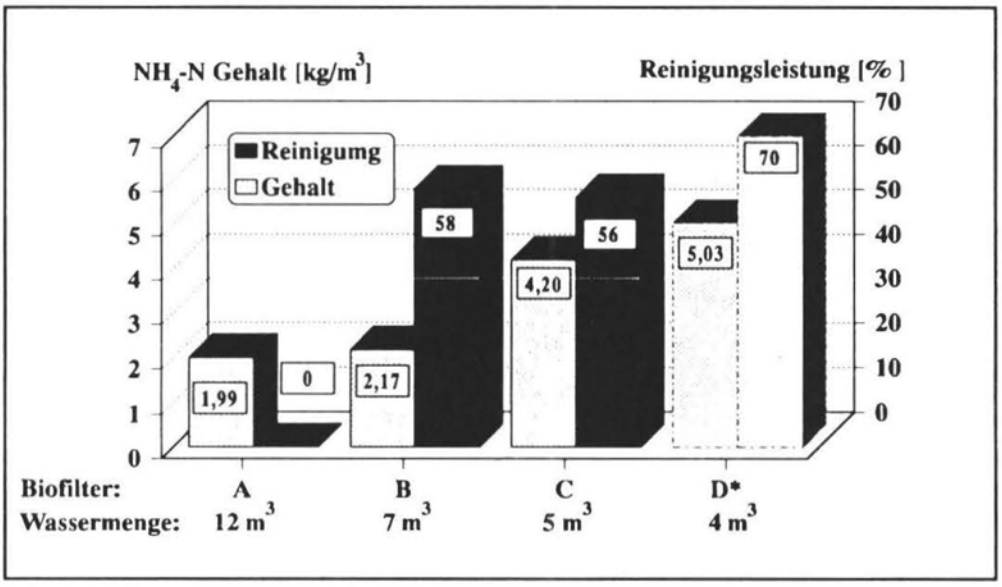


Abb. 6: NH_4-N-Konzentratiuon des Pumpensumpfwassers

In der Abbildung 6 ist der NH_4-N-Gehalt des Pumpensumpfwassers (in kg/m3) der Biofilter A, B, C und D, sowie die Reinigungsleistung der Naßfilter (in %) dargestellt. Die Berechnung des NH_4-N-Gehaltes im Pumpensumpfwasser basiert auf der NH_4-N-Analyse des jeweils letzten Masttages. Mit steigender Reinigungsleistung des Naßfilters steigt der NH_4-N-Gehalt des Pumpensumpfwassers stark an. Im Biofilter A wurde eine NH_4-N Konzentration von 1,99 kg/m3, im Biofilter B von 2,17 kg/m3 und im Biofilter C von 4,2 kg/m3 ermittelt. Die Anordnung, bzw. Anbringung des Naßfilters in Biofilter D ist identisch mit den Biofiltern B und C. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen, daß die vorläufigen Ergebnisse dieses Biofilters vergleichbar mit Biofilter B und C sind.

Literatur

PFEIFFER, A. (1993): Meßtechnik, Luftsammeltechnik; unveröffentlicht.

Stromverbrauchs- und Lastganganalyse landwirtschaftlicher Betriebe

Uta Aldefeld und Urban Hellmuth[1]

Seit 1992 werden am FB Landbau der FH Kiel in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e. V. Messungen zum Elektroenergie- und Leistungsbedarf tierhaltender Betriebe vorbereitet und durchgeführt.

Anlaß und Ziele der Untersuchungen

Anlaß der Untersuchungen zum Elektroenergie- und Leistungsbedarf landwirtschaftlicher Unternehmen ist auf der einen Seite das Interesse der Energieversorgungsunternehmen (EVU) an aktuellen Angaben zur zeitlichen Struktur und Höhe des Elektroenergie- und Leistungsbedarfs der einzelnen volkswirtschaftlichen Verbrauchssektoren, also auch der Landwirtschaft. Diese Angaben werden genutzt, um Kraftwerks- und Versorgungsnetzkapazitäten zu planen und um EVU-Kunden zu beraten. Zum anderen benötigen auch die Landwirte und beratende Institutionen Datenmaterial zum Elektroenergiebedarf der verschiedenen Spezialisierungsrichtungen, um auch den Elektroenergiefaktor bei der Planung bestimmter Maßnahmen, beispielsweise der Anschaffung von neuer Technik in der Innenwirtschaft zu berücksichtigen. Besondere Bedeutung erlangt der Aspekt Elektroenergie mit der Gültigkeit der neuen Bundestarifordnung Elektrizität (BTO Elt) seit Januar 1990, auf deren Grundlage die Tarife für elektrische Energie neu gestaltet wurden.
Während es bisher galt, die sichere und preisgünstige Versorgung der EVU-Kunden mit elektrischer Energie zu gewährleisten, wird mit der Einführung der neuen BTO Elt ein weiteres gleichrangiges Ziel verfolgt, die Schonung der Ressourcen und die Entlastung der Umwelt. Nachdem über 60 Jahre der Bereitstellungspreis für elektrische Energie nach nichtelektrischen Hilfsgrößen wie landwirtschaftliche Nutzfläche und Wohnräume berechnet wurden, soll nun das Kostenverursacherprinzip

[1] Dipl.-Ing. (FH) U. Aldefeld, Prof. Dr. U. Hellmuth, Fachbereich Landbau Fachhochschule Kiel, Am Kamp 11, 23783 Osterrönfeld

Anwendung finden. Mit den neuen sich aus der BTO Elt ergebenden Tarifen sollen finanzielle Anreize zum Sparen elektrischer Energie und zur zeitlichen Verlagerung des Stromverbrauchs gegeben werden. Eine Verbrauchsverlagerung wird angestrebt, um den Abruf elektrischer Energie gleichmäßiger zu gestalten. Dies hilft das Energieangebot der Kraftwerke effektiver zu nutzen.

In den Stromtarife der EVU werden die gelieferten Kilowattstunden und die in Anspruch genommene elektrische Leistung berücksichtigt. Daraus kann sich, besonders für Landwirte mit hohem Bedarf an elektrischer Leistung eine Kostenerhöhung für das Betriebsmittel Strom ergeben.

Nach der BTO Elt besteht der von allen EVU anzubietende Tarif aus :

-dem Arbeitspreis für die abgenommene elektrische Arbeit

-dem Leistungspreis für die Bereitstellung elektrischer Leistung

-und dem Verrechnungspreis für die Meßeinrichtungen beim Verbraucher, der Verrechnung und dem Inkasso.

Die Leistungsermittlung kann von den EVU auf verschiedene Weise durchgeführt werden. Herauskristallisiert haben sich die Leistungsermittlung mit der ¼-Stunden-Messung und die 96 h-Messung.

Für Zeiten in denen allgemein wenig elektrische Energie gebraucht wird (Nachtstunden) muß von den EVU im allgemeinen Tarif eine Schwachlastregelung mit einem niedrigen Preis für die in dieser Zeit abgenommene elektrische Arbeit angeboten werden.

Das Ziel der vorgestellten Untersuchungen ist die bundesweite Erfassung des Elektroenergie-und Leistungsbedarfs landwirtschaftlicher Betriebe, der Ableitung von Richtwerten für einzelne Spezialisierungsrichtungen, Größenklassen und Verfahrensweisen.

Ziel der bisherigen Arbeiten war eine erste Analyse des Elektroenergieabnahmeverhaltens milchvieh-und schweinehaltender Betriebe. Dazu mußte zunächst eine Meßmethode zur Gewinnung der Daten und ein Weg zu deren geordneten Ablage und Auswertung gefunden werden.

Material und Methode der bisherigen Untersuchungen

Grundlage der bisherigen Untersuchungen sind Leistungsmessungen auf Praxisbetrieben. Die Leistungsmessungen wurden an den Stromzählern der Betriebe mit dem LEDAN-Meßsystem der Firma MEDATEC durchgeführt. Sie erfolgt im ¼-Stundenraster, das heißt am Ende jeder Viertelstunde wird die elektrische Leistung, die

im Mittel in dieser Viertelstunde beansprucht wurde, auf der Karte abgespeichert. Die Meßdauer betrug jeweils 14 Tage. Von einigen Betrieben stehen Leistungsmessungen über 1 Jahr zur Verfügung.
Weiterhin erfolgte eine Betriebsdatenerhebung durch Befragung der Betriebsleiter und durch Ablesen der Anschlußwerte der wichtigsten elektrischen Geräte von deren Typenschildern. Für die Befragung wird ein standardisierter Fragebogen benutzt, der von der AEL-Arbeitsgruppe wesentlich mitgestaltet wurde.
Für weitere Berechnungen werden die Meßdaten mit einer Tabellenkalkulation verarbeitet und anschließend in einer Datenbank unter einer bestimmten Betriebsnummer abgelegt.
Die bisher gewonnenen Meßdaten stammen von Betrieben aus den Bundesländern Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen.
Nach Beendigung der Messungen auf den Betrieben liegen folgende Daten vor:
-Werte für die im Meßzeitraum beanspruchte elektrische Leistung im Viertelstundenraster
-die im Meßzeitraum beanspruchte elektrische Arbeit in kWh
-Maximalwerte der beanspruchten elektrischen Leistung
-Betriebsdaten (Jahresstromverbrauch, Tierzahl, technische Ausstattung)

Erste Anhaltswerte für den Elektroenergie-und Leistungsbedarf milchviehhaltender Betriebe

In den bisherigen Untersuchungen wurden Messungen auf Milchviehbetrieben, Schweinemastbetrieben und in ferkelerzeugenden Betrieben angestellt.
Da nur von einem geringen Teil der Betriebe Messungen über 12 Monate vorlagen, wurde der Jahresstromverbrauch bei allen Betrieben aus der Stromabrechnung ermittelt. Ein Problem, das bei vielen landwirtschaftlichen Unternehmen besteht, ist die Erfassung des Stromverbrauchs von Haushalt und Betrieb über einen gemeinsamen Zähler. Um den Gesamtstromverbrauch um den Haushaltsstromverbrauch zu bereinigen, mußten Annahmen getroffen werden. Nach einer einjährigen Studie der VDEW (Stichprobenumfang 400 Haushalte) beträgt der Jahresstromverbrauch eines bundesdeutschen Durchschnittshaushalts mit 2,2 Personen 3.146 kWh (DÜWALL, LANGEN-HÜSKEN et al., 1985).

Da der landwirtschaftliche Haushalt in der Regel aus mehr als 2,2 Personen besteht wurde für jede weitere im Haushalt lebende Person ein Jahresstromverbrauch von 1.000 kWh angenommen.

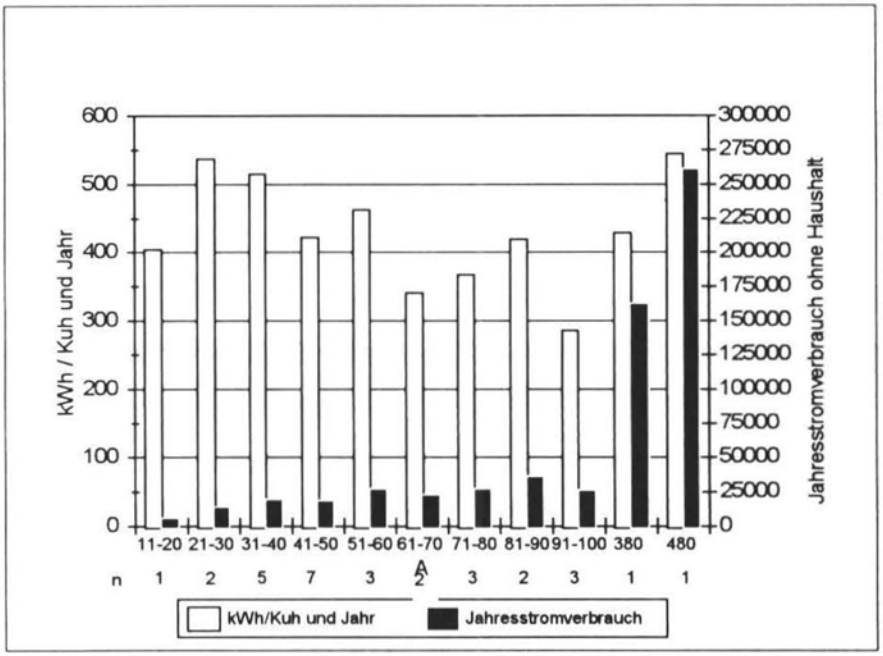


Abb. 1: Jahresstromverbrauch und spezifischer Stromverbrauch von Milchviehbetrieben

In Abb. 1 wird der Jahresstromverbrauch der Betriebe nach Abzug des Haushaltsverbrauchs dargestellt. Es ist zu vermuten, daß mit zunehmendem Umfang des Kuhbestandes der Stromverbrauch in kWh je Betrieb und Jahr ansteigen wird. In Abb. 1 ist diese Tendenz zu erkennen. Der jährliche Stromverbrauch der Betriebe mit ähnlicher Tierzahl differiert sehr stark. Deutlich wird dies auch bei der Betrachtung des spezifischen Stromverbrauchs in kWh/Kuh. Der Jahresstromverbrauch pro Betrieb ohne Haushalt bleibt bis zu einer Bestandesgröße von 50 Kühen im Mittel unter 20.000 kWh. In Betrieben mit Beständen über 50 Kühen liegt er grundsätzlich über diesem Wert. Bei einer Untersuchung von 442 bayerischen Futterbaubetrieben mit Kuhhaltung im Jahr 1977 zeigte sich, daß der Stromverbrauch pro Betrieb nach Abzug des Haushalts mit steigender Bestandesgröße gleichmäßig anstieg (WENNER, 1983).
Eine anschauliche Größe ist der spezifische Stromverbrauch in kWh je Kuh und Jahr, sie kann Verbrauchsunterschiede aufgrund unterschiedlicher Bestandesgrößen deutlich machen. In der Literatur wird diese Bezugsgröße häufig verwendet. In den bisher untersuchten Milchviehbetrieben bewegt sich der Stromverbrauch pro Kuh und Jahr zwischen 267 und 707 kWh. Nach WENNER (1983) lag der Stromverbrauch pro Kuh bei der Untersuchung von 442 bayerischen Betrieben im Mittel bei 360 kWh. Allerdings waren von 442 Betrieben nur 8 Betriebe solche mit mehr als 30 Kühen. Bei

einer Untersuchung in einer industriemäßigen Milchproduktionsanlage in den Jahren 1977 bis 1980 fanden KOALLIK und HOLKE (1982) Werte zwischen 689-456 kWh/Tier und Jahr.

Eine Untersuchung auf einem Milchviehbetrieb mit 36 Kühen, bei der die unterschiedlichen Verbraucher einzeln gemessen wurden, ergab, daß im Bereich der Milchgewinnung (Vakuumpumpe, Milchkühlung und Spülautomat für die Melkanlage) 75% des Jahresstromverbrauchs verursacht werden (AUERNHAMMER, DEMMEL, WENNER, 1989). Eine sehr entscheidende Größe für den Elektroenergieverbrauch eines Milchviehbetriebes ist also die Milchmenge, die ermolken wird und anschließend gekühlt werden muß.

Bezieht man den Elektroenergieverbrauch auf 100 Liter Milch, können Differenzen im Verbrauch zwischen Betrieben mit unterschiedlicher Milchleistung deutlich werden. Bei 14-tägigen Untersuchungen auf 20 Betrieben in Schleswig-Holstein, wurde die innerhalb der Meßperiode gekühlte Milchmenge durch Befragung mit erfaßt. Der Stromverbrauch pro 100 l Milch lag zwischen 2,95 und 12,76 kWh/100 l und Tag.

Der Stromverbrauch in den Nachtstunden liegt in den bisher untersuchten Milchviehbetrieben zwischen 7 und 29 %. Im Mittel liegt er bei 18 % mit einer recht hohen Standardabweichung von 7,085. Im Vergleich zu den untersuchten Schweinemast-und Ferkelerzeugerbetrieben ist der Elektroenergiebedarf der Milchviehbetriebe in den Nachtstunden gering. Dies ist darauf zurückzuführen, daß in der Zeit zwischen 22 und 6 Uhr nur wenige Verbraucher eingeschaltet sind. Hierzu gehören die Lüftung, eventuell die Milchkühlung, Wasserpumpen und Fütterungsautomaten. Ein großer Teil der Betriebe mit Milchviehhaltung verfügt über Ställe mit freier Lüftung, so daß hier in den Nachtstunden der Stromverbrauch noch geringer ist. Möglichkeiten zur Verbrauchsverlagerung in die Nachtstunden bestehen z.B. bei Mahl-und Mischanlagen, der abendlichen Haupt-und Nachreinigung und der Eiswasserbildung von Eiswasserkühlungen.

Der Stromverbrauch von Milchviehbetrieben wird von einer Reihe von Faktoren beeinflußt. Zu nennen sind hier die Art der Milchkühlung (direkt oder indirekt), die Auslastung des Milchtanks, die Form der Melkanlage, die Art der Reinigung, der Abholrhythmus der Milch, gute oder schlechtere Arbeitserledigung, die Form der Lüftung und der technische Zustand der Anlagen. Diese Einflußfaktoren führen dazu, daß Betriebe mit ähnlicher Größenordnung im Stromverbrauch voneinander abweichen.

Die Leistungsmessungen wurden, wie schon bei der Erläuterung der Untersuchungsmethode erwähnt, im ¼ Stundenraster durchgeführt d.h. es wurden Mittelwerte der innerhalb einer ¼ Stunde beanspruchte Leistung aufgezeichnet. Durch

Leibniz-Institut für Agrartechnik
und Bioökonomie e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100

diese Mittelwertbildung werden die wirklichen Leistungsmaxima nicht erfaßt. Da aber die EVU die Leistungsmessungen ebenfalls im ¼ Stundenraster durchführen, ist diese Form der Erfassung ausreichend genau. Auch AYIK (1975) verwendete in seiner Analyse des Elektroenergie-und Leistungsbedarfs milchviehhaltender Betriebe für Betriebsmessungen die ¼ Stundenmessung. Ziel der Leistungsmessungen ist es, zu erfassen wie hoch die Leistungsspitzen nach der oben beschriebenen Meßmethode im Tagesverlauf sind und wann sie auftreten. Eine genaue Zuordnung der Einschaltzeiten der einzelnen Verbraucher ist bei der Leistungsmessung des Gesamtbetriebes nicht möglich. Aus der Kenntnis der Anschlußwerte großer Verbraucher und des Arbeitsablaufs auf den Betrieben kann der Einschaltzeitpunkt dieser abgeschätzt werden.

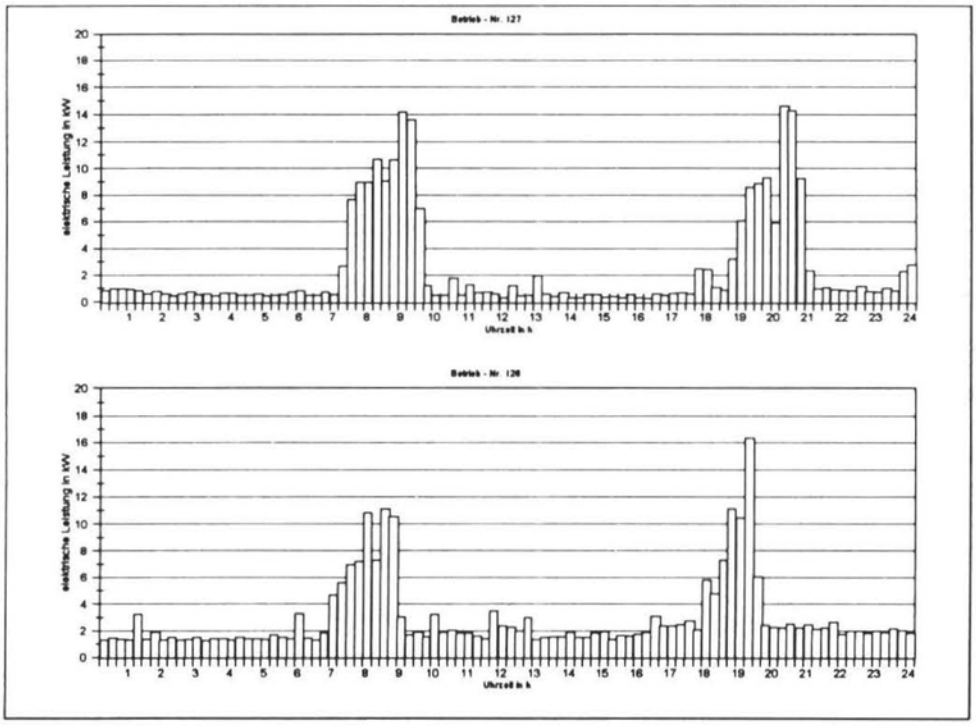


Abb. 2: Elektrischer Leistungsbedarf von zwei Milchviehbetrieben an einem Wintertag

In Abb. 2 wird beispielhaft der Leistungsbedarf von zwei Milchviehbetrieben an einem Wintertag dargestellt. Auf Milchviehbetrieben treten regelmäßig zu den Melkzeiten und kurz danach Leistungsspitzen auf. Diese Leistungsspitzen entstehen durch z.T. gleichzeitige Leistungsaufnahme der Hauptverbraucher (Vakuumpumpe, Milchpumpe, Milchkühlung, Beleuchtung, Heizstab der Reinigung, Hochdruckreiniger und Wasserpumpe). Die Leistungsspitzen treten je nach Betriebsablauf zeitlich verschoben auf. Die Höhe der Spitzen richten sich nach der verwendeten Melk-und Kühltechnik, deren Auslastung und Funktionstüchtigkeit und der Form der Reinigung. Eiswasser-

kühlungen haben in vielen Fällen einen geringeren Leistungsbedarf als Direktkühlungen, Kochendwasserreinigungen haben einen geringeren Leistungsbedarf als Spülautomaten mit Durchlauferhitzern.
Der sonst über das ganze Jahr sehr regelmäßig verlaufende Tagesgang der Leistungskurve kann durch den Einsatz elektrischer Güllepumpen unterbrochen werden. Betriebe, die über Güllepumpen oder andere Verbraucher mit hohem Leistungsbedarf verfügen, sollten darauf achten, daß diese nicht gleichzeitig zu den Melkspitzen angeschaltet ist.
In den Nachtstunden erkennt man den Grundleistungsbedarf der Betriebe. In Betrieben mit Zwangslüftung ist er höher als auf Betrieben mit Traufen-First-Lüftung.
Ein Einfluß der Jahreszeit auf die Höhe der beanspruchten elektrischen Leistung im Tagesverlauf ist nicht zu erkennen. Ausnahmen bilden Weidemelkbetriebe, hier ist der Leistungsbedarf bei schleppergetriebener Melktechnik geringer und Betriebe mit saisonaler Abkalbung.

Schlußbetrachtung

Bei der Betrachtung der bisherigen Meßergebnisse ist festzustellen, daß der Elektroenergie-und Leistungsbedarf der Betriebe innerhalb der Spezialisierungsrichtung und auch innerhalb von Bestandesgrößenklassen stark voneinander abweicht. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wird es notwendig sein gezielt Betriebe zu suchen, die in ihrer technischen Ausstattung,im Arbeitsablauf und dem Aufstallungsverfahren miteinander vergleichbar sind. Erst dann wird es möglich, den Elektroenergie- und Leistungsbedarf bestimmter Betriebsformen und innerhalb der Betriebsformen bestimmter Bestandesgrößenklassen und Verfahrensgruppen mit Richtwerten abzustecken. Aufgrund der Vielfalt der in der Innenwirtschaft verwendeten Techniken und Verfahrensweisen ist eine Beschränkung der Aussagen auf einige typische Verfahren zu erwarten.

AYIK, M. (1975): Analyse des elektrischen Leistungs-und Energiebedarfs wichtiger Bereiche der Milchviehhaltung.-AEL-Bericht 1/1975, Essen: 106.

WENNER, H. L. (1983): Energiebedarf und Energieanfall in der Landwirtschaft.-Landtechnik **1**: 6-9.

WENNER, H.-L., AUERNHAMMER, H., DEMMEL, M. (1989): Elektroenergiebedarf rechnergestützter Produktionsverfahren in der Innenwirtschaft.-Landtechnik **44** (2): 73-74.

KOALLIK, M., HOLKE, R., BORKMANN, R. (1982): Zum Elektroenergieverbrauch in der industriemäßigen Milchproduktion.-Agrartechnik **32** (10): 436-437.

DÜWALL, P., LANGEN-HÜSKEN, M., ZYBELL, G. (1985): Lastganglinien der Haushalte.-RWE informiert **25**: 3-6

Haltung von Kühen in Gruppenabkalbeboxen

Manfred Krocker[1], Astrid Kriesen[1] und Samouil Moussa[2]

Einleitung

In den vergangenen Jahren haben wir uns mit der Verbesserung der Bedingungen in der Kälberhaltung beschäftigt. Nicht nur, weil es eine, nun auch für die neuen Länder gültige Kälberhaltungsverordnung gibt, sondern weil das Kalb als Jungtier einen besonderen Stellenwert hat und die physiologischen sowie ethologischen Ansprüche in jedem Fall erfüllt werden müssen.

Insbesondere die Aufzucht der weiblichen Kälber für die eigene Reproduktion in größeren Milchviehbetrieben war nach den konventionellen, in Großbeständen üblichen Methoden, nicht mehr möglich. Nicht nur, weil der Aufwand unvertretbar hoch war, sondern vor allem, weil die Haltung der Kälber den Anforderungen der Tiergesundheit und des Tierverhaltens nicht mehr entsprach.

So wurde oft und richtigerweise unter Weiternutzung vorhandener Ställe und geeigneter Gebäude die Einzelhaltung von der Gruppenhaltung abgelöst, Tränkeautomaten ersetzten Tränkeschalen und -eimer, Einstreu und kaltstallähnliche Bedingungen verdrängten die einstreulose Einzelbox. Die Kälberaufzucht haltungstechnisch zu gestalten hat inzwischen vielfältige Varianten.

Bekannt sind die generellen Forderungen der Kälberaufzucht, wie erste Kolostrumgabe bis zwei Stunden post partum, 3 bis 4 Portionen am 1. Lebenstag, oder die Forderungen nach Tränketemperatur und pH-Wert, oder die Forderung nach Nuckeltränke und Saugwiderstand.

Das Kalb ist innerhalb der ersten drei Lebenstage sehr anfällig gegenüber Infektionskrankheiten, dies dürfte in erster Linie dadurch bedingt sein, daß die Kälber nahezu schutzlos geboren werden und Abwehrstoffe erst mit dem Kolostrum erhalten.

Bei den heutigen Aufstallungs- und Haltungsformen wird den neugeborenen Kälbern oft nicht rechtzeitig Kolostrum in ausreichender Menge verabreicht.

Die Gestaltung neuer Haltungssysteme, insbesondere bei Nutzung von Tränkedosierautomaten, hat uns auf zwei Aspekte, die eigentlich ein und dasselbe Problem darstellen, und ihre unbefriedigende Lösung aufmerksam werden lassen.

[1] Dr. M. Krocker, A. Kriesen, Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Tierhaltungssysteme, Philippstr. 13, 10115 Berlin

[2] Dr. S. Moussa, Damascus University, Fakulty of Agriculture, Damascus-Syria

Zum einen war es unzweckmäßig, die Kälber nach der Geburt fünf Tage einzeln zu halten und erst dann an den Tränkeautomaten in die Gruppe zu nehmen. Zum anderen werden die Kühe im Laufstall in Gruppen gehalten und zum Zeitpunkt der Abkalbung waren sie für einige Tage angebunden. Zu einem Zeitpunkt also, zu dem eine lose Haltung zur Prägung der Mutter-Kind-Beziehung, zur Ausprägung verhaltenstypischer Reaktionen und zu einer optimalen Versorgung des Kalbes notwendig und wohl auch tiergerecht ist.

Die Haltung in Abkalbeboxen bietet hier weitaus bessere Möglichkeiten und schafft Voraussetzungen, Haltungssysteme mit abgestimmten Übergängen und paßfähigen Haltungsbedingungen sowohl für das Kalb als auch für die Kuh zu gestalten.
Denn viele Rahmenbedingungen für die gegenwärtige Milchkuhhaltung erfordern, durch eine angepaßte Aufstallung die Tiergesundheit prophylaktisch zu fördern und den ethologischen Anforderungen der Tiere gerecht zu werden.

Versuchsdurchführung und Ergebnisse

In unseren ersten Untersuchungen, die im Folgenden dargestellt werden sollen, haben wir uns für die Haltung der Kühe in Gruppenabkalbeboxen auf Einstreu entschieden.

Die Gruppenabkalbung wird in größeren Betrieben mit kontinuierlicher Abkalbung durchgeführt. Obwohl mit dem höchsten Strohverbrauch verbunden, ist der Tieflaufstall für Kalb und Kuh die einfachste und eine tiergerechte Haltungsform. Der Flächenbedarf je kalbende Kuh wird in der Literatur relativ einheitlich angegeben.
Die Angaben schwanken zwischen 8 und 12m^2.
Für unsere Untersuchungen wurden immer vorhandene Stallabteile in Milchviehställen mit wenig Aufwand umgebaut und eingerichtet. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel aus einer Milchviehanlage mit 1930 Kuhplätzen, von denen gegenwärtig 800 belegt sind.

Für die Einrichtung müssen einige generelle Forderungen eingehalten werden.

- Unterteilung der Bucht zur zeitweiligen Abtrennung der kalbenden Kuh
- ein Freßplatz für jede Kuh
- Fixierungsmöglichkeiten für Tierbehandlungen
- ausreichend Einstreu (etwa 10kg Stroh/Kuh und Tag)

Der Abkalbestall in den vorgestellten Untersuchungen ist ein 2-Raum-Tieflaufstall mit 91,5 m^2 Stallfläche (Abb.2). Der erste Raum ist 44m^2 groß und wird als Freßbereich genutzt. Dabei stehen den Kühen 12 Freßplätze und 5 Selbsttränken zur Verfügung. Ein 1,40m breites Tor nach außen ist ständig offen und nur durch ein Rohrgitter abgegrenzt. Ein 2,0m breiter Durchgang ist die Verbindung zum zweiten Raum, beide Bereiche können voneinander abgetrennt werden. Auch im zweiten Raum befindet sich ein ständig offenes Außentor. Die Strukturierung der Bucht wurde von den Kühen gut angenommen, von insgesamt 46 beobachteten und ausgewerteten Abkalbungen erfolgten 43 im zweiten Raum. Der Stall wurde sehr reichlich eingestreut, mit 15kg Stroh je Kuh und Tag lag das Angebot über dem notwendigen Bedarf. Ausgemistet wurde alle vier Wochen.

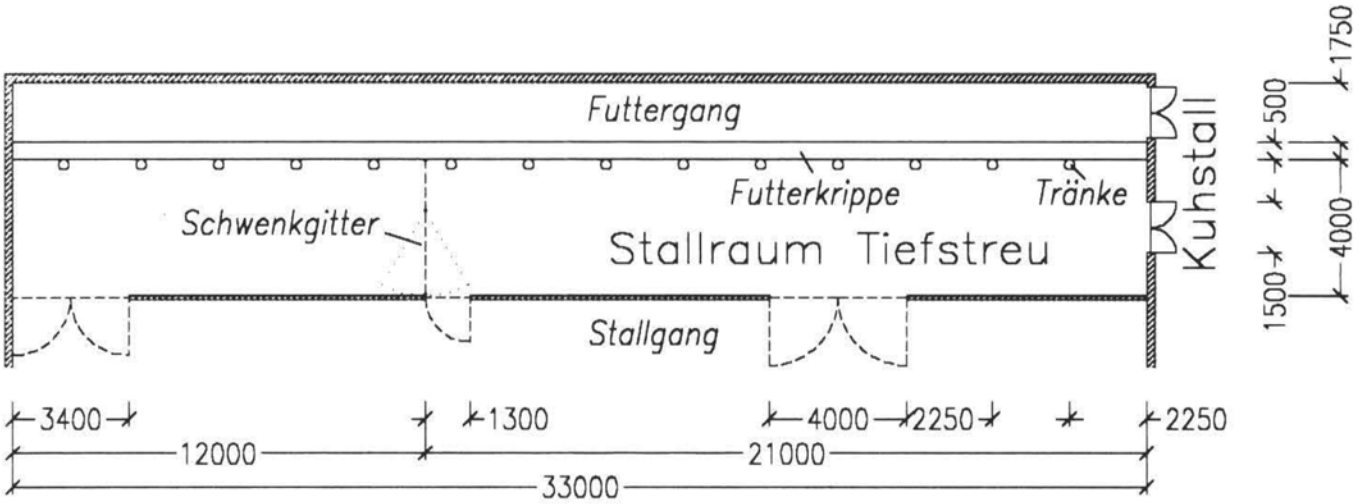


Abb. 1: Einrichten eines Gruppenabkalbeabteils

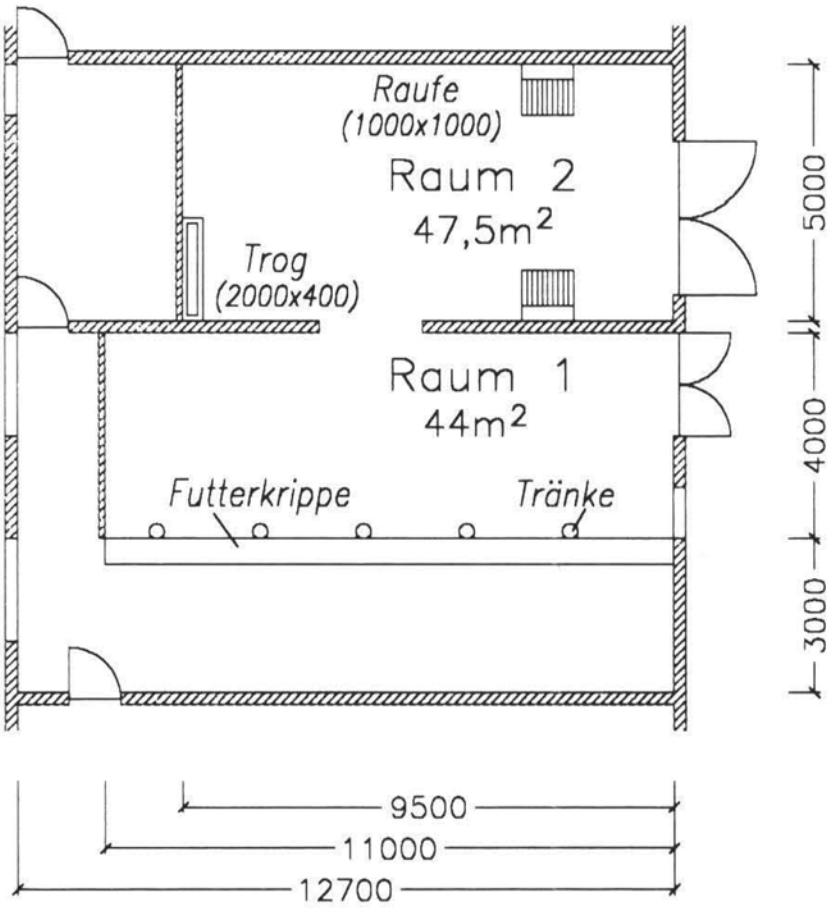


Abb. 2: Abkalbestall im Versuchsbetrieb

Der Abkalbestall war ständig belegt, die Anzahl der Kühe schwankte zwischen 2 und 14, die durchschnittliche Belegung waren 8 Kühe, so daß 11,4 m^2 je Kuh zur Verfügung standen.
Die Einstallung der Kühe erfolgte mit den ersten Anzeichen der Geburtsnähe. Nach der Geburt blieben Kuh und Kalb 24 Stunden zusammen, dann kamen die Kühe zurück in die Herde und die Kälber in eine eingestreute Gruppenbucht mit Automatentränke.

Brachten diese Veränderungen nun wirklich den gewünschten Erfolg? Verliefen die Abkalbungen problemlos? Entwickelte sich eine Mutter-Kind-Beziehung und nutzten die Kälber die Möglichkeit, das erste Kolostrum direkt von der Mutter aufnehmen zu können?

In die ersten Untersuchungen waren 46 Abkalbungen mit 47 geborenen Kälbern einbezogen. Die Kälber, 20 weibliche und 27 männliche, stammten aus der Anpaarung SMR x HF.
Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, daß 12 Färsen und 34 Kühe von der 2. bis zur 5. Laktation abkalbten.

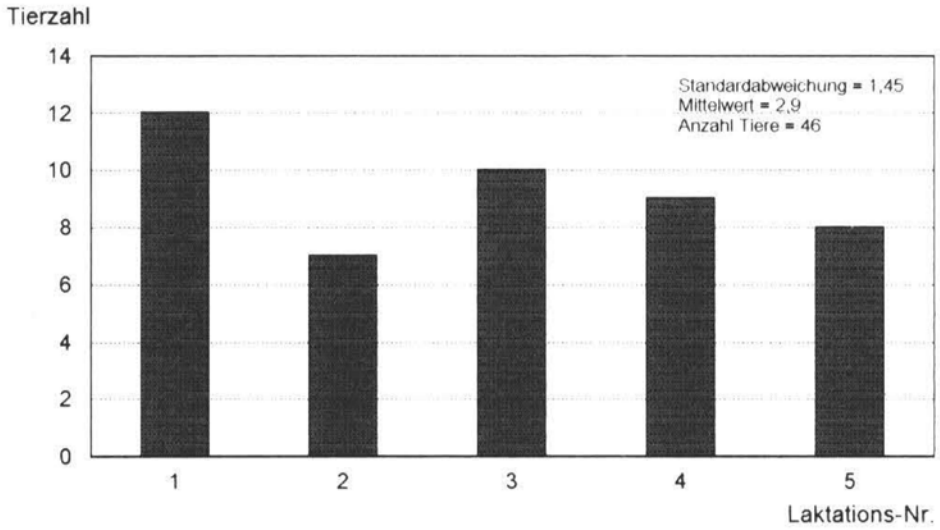


Abb. 3: Anzahl der Laktationen in der Versuchsgruppe

Alle Kühe kalbten zum ersten Mal unter diesen Bedingungen, die vorherigen Kälber kamen in der Anbindehaltung zur Welt.
Die Abkalbungen erfolgten in den Stallbereichen, in denen die Kühe ungestört waren und etwas Distanz zur Gruppe hatten. Der Geburtsverlauf war bei zwei Tieren als schwer einzustufen (mit fremder Hilfe). Alle anderen Kühe kalbten normal. Zu verfahrensbedingten Verletzungen kam es nicht.
Das mittlere Geburtsgewicht der Kälber betrug 42,5kg. Das leichteste Kalb wog 26kg, das schwerste 62kg. Die männlichen Kälber wogen im Durchschnitt 43,8kg, die weiblichen 40,7kg.
(Abb.4)

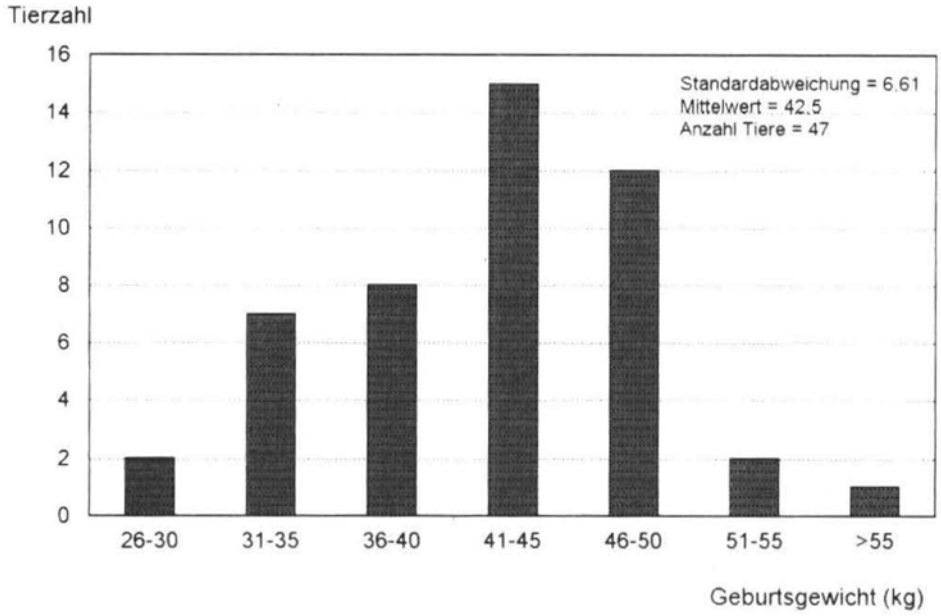


Abb. 4: Geburtsgewicht der Kälber

Die Kühe wurden von den ersten Anzeichen der nahenden Geburt bis zur ersten ausreichenden Kolostrumaufnahme des Kalbes bzw. bis 4 Stunden p. p. beobachtet. War die Kolostrumaufnahme 4 Stunden p. p. noch nicht erfolgt, wurde die Beobachtung abgebrochen und das Kalb versorgt.

Die Zeitspanne zwischen Geburt und erstem Saugen unterliegt einer großen Schwankungsbreite. Als hauptsächliche Ursachen für verzögertes Saugen lassen sich folgende, in Abbildung 5 dargestellte Gründe zusammenfassen:

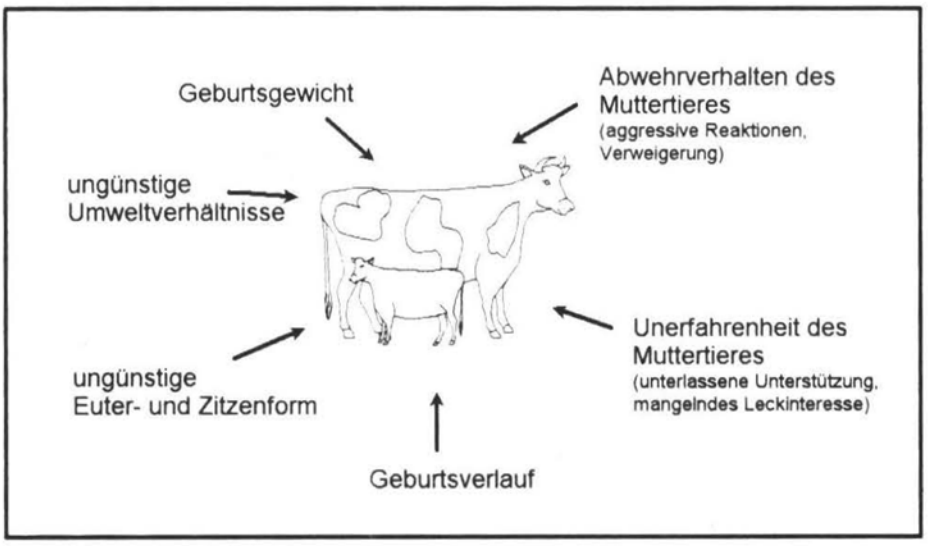


Abb. 5: Ursachen für verzögertes Saugen der Kälber an der Kuh

In den vorliegenden Untersuchen betrug die Dauer bis zum ersten erfolgreichen Stehen der Kälber nach der Geburt im Mittel aller Tiere 48,7min (Abb.6). Drei Kälber lagen mit über 145 min weit über dem Durchschnitt. Nimmt man diese Tiere aus der Rechnung, beträgt die durchschnittliche Dauer bis zum ersten Stehen 39,9min. Die weiblichen Kälber standen im Mittel nach 33,9min, die männlichen nach 45min.

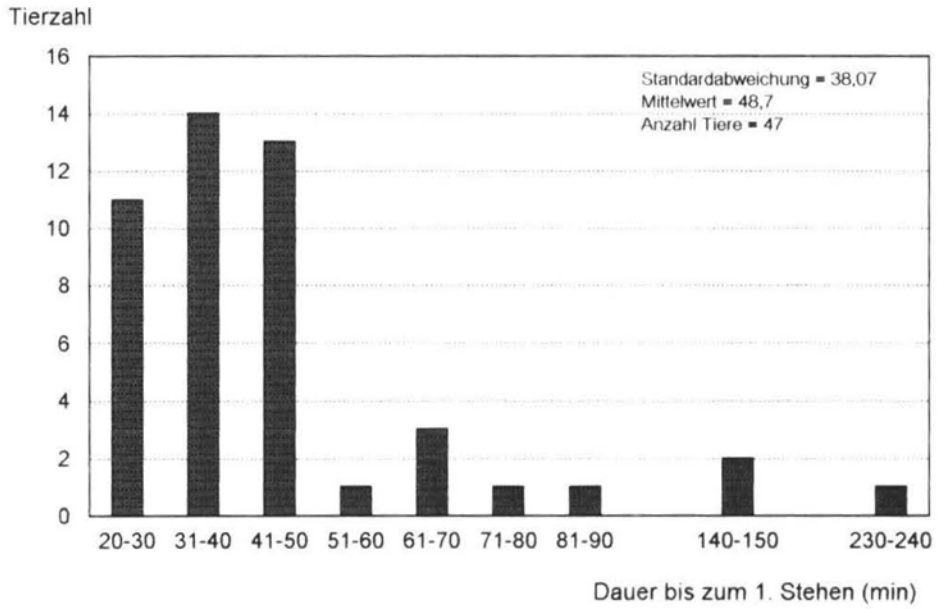


Abb. 6: Dauer bis zum erfolgreichen Stehen der Kälber p. n.

Die Dauer bis zum ersten Saugen an der Kuh p. n. ist aus Abbildung 7 zu entnehmen.

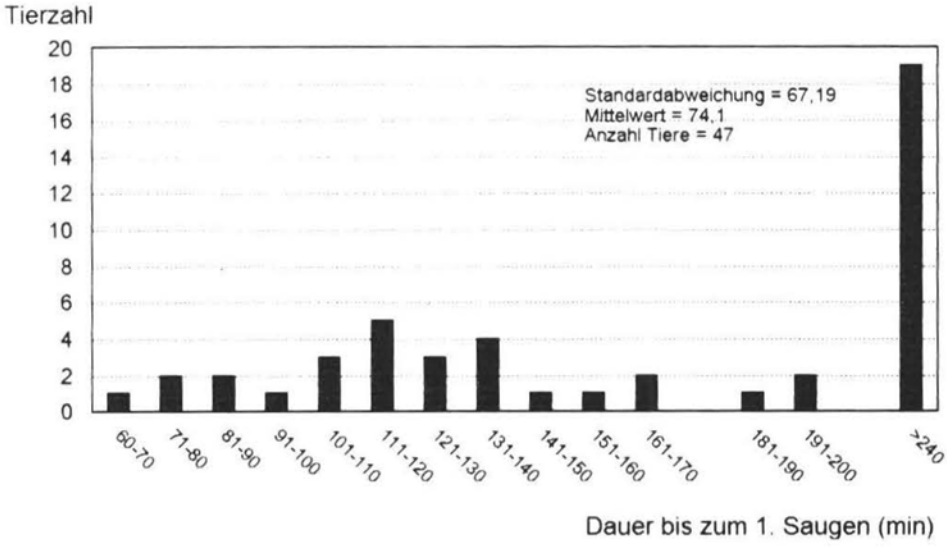


Abb. 7: Dauer bis zum ersten Saugen an der Kuh p. n.

19 Kälber (40,4%) waren bei der Zitzensuche in den ersten 4 Stunden p. n. nicht erfolgreich. Bei den weiblichen Kälbern blieben 30% ohne Erfolg. 48,1% der männlichen Kälber saugten nicht in den ersten 4 Stunden nach der Geburt. Aus diesem hohen Anteil muß geschlußfolgert werden, daß auch bei der gemeinsamen Haltung von Kuh und Kalb die Kolostrumaufnahme nicht unkontrolliert bleiben darf. Auch SCHLEITZER und ELSTNER (1994) weisen darauf hin, daß in ihren Versuchen 20 bis 30% der Kälber nicht ohne Hilfe das Euter fanden.
Die mittlere Dauer bis zum ersten erfolgreichen Saugen lag für die restlichen Kälber bei 124,5min. Dabei unterschieden sich die männlichen und weiblichen Kälber nicht.
Aus den Tierbeobachtungen lassen sich folgende Gründe für den hohen Anteil nichtsaugender Kälber ableiten:

- Kälber von Kühen mit ausgeprägter Mütterlichkeit benötigen weniger Zeit bis zum erfolgreichen Saugen. Ausgeprägte Mütterlichkeit zeigte sich durch einen ständigen Schutz des Kalbes, ausgiebiges Trocken- und Pflegelecken und Hilfestellung bei der Eutersuche. 10 Kühe jedoch entwickelten keinerlei Mutter-Kalb-Beziehung.

- Störungen in der Mütterlichkeit treten auf, wenn andere Abkalbungen zeitgleich stattfinden und unterstützt durch räumliche Enge, Kühe fremde Kälber als ihre eigenen betrachten.

- Die Herstellung einer Mutter-Kind-Beziehung wird in einer größeren Gruppe gestört, da das Kalb nicht immer an der Seite der Mutter bleibt. Das Kalb beginnt mit der Eutersuche bei der ihm am nächsten stehenden Kuh.

- Kälber von jungen Kühen haben mehr Probleme mit dem ersten Saugen.

- Zu tief hängende Euter und eine damit verbundene schlechtere Erreichbarkeit der Zitzen verlängern die Zeitdauer bis zum ersten Saugen.

Fazit

Zusammenfassend kann jedoch festgestellt werden, daß die Gruppenabkalbung paßfähig für moderne Produktionssysteme in der Milchviehhaltung ist. Sie kommt dem Verhalten und dem Wohlbefinden der Tiere entgegen, ist aber nicht problemlos und bedarf bei der Bewirtschaftung einer ständigen Kontrolle des Tierhalters.
Die Gruppengröße sollte nicht mehr als sechs Kühe betragen.
Es ist nach Möglichkeiten zu suchen, die Abkalbebox in Funktionsbereiche zu unterteilen und so der kalbenden Kuh einen geschützten Platz mit einer wählbaren Distanz zur Gruppe anzubieten.

Rationelle Ausnutzung des Kolostrums - der Schlüssel zur effektiven Lösung von Problemen der Kälberaufzucht

Nikolaj A. Epstein[1]

Heutzutage besteht eines der wichtigsten Probleme der Rinderzucht darin, gesunde Jungtiere zu bekommen sowie ihre Lebensfähigkeit und Leistung zu erhöhen. Die Lösung dieses Problems wird uns nicht nur eine bedeutsame Erhöhung der Milch- und Fleischproduktivität ermöglichen, sondern trägt gleichzeitig dazu bei, die Zuchtarbeit zu verbessern und die Herde mit gesunden und leistungsfähigen Tieren zu ergänzen. Ungeachtet der nötigen Mittel und eines breiten Programms prophylaktischer Maßnahmen betragen die Verluste an Kälbern in den entwickelten Ländern, darunter auch in den USA, Finnland und der BRD etwa 7 bis 10 %. Diese Verluste zeigen leider keine Tendenz zur Senkung auf.

Dabei gehen, nach den Angaben vieler wissenschaftlicher Autoren, mehr als 3 % der Kälber in den ersten 7 Tagen ihres Lebens ein, das heißt in der Kolostrum-Periode.

Noch mehr Kälber erkranken in dieser Zeit an Magen- und Darmkrankheiten. Kälber, welche diese Krankheit durchgemacht haben, wachsen langsamer und brauchen viel mehr Futter, darunter Milchfutter, an dem es mangelt.

Erwähnenswert sind auch die großen veterinärmedizinischen Aufwendungen zur Haltung sowie zur Behandlung von erkrankten Kälbern.

Wie bekannt ist, sind eine höhere Erkrankungshäufigkeit und größere Verluste bei den Kälbern in den ersten Lebenstagen hauptsächlich verbunden mit dem Mangel an spezifischen Antikörpern in ihrem Blut, die die Immunität gegen verschiedene Krankheitserreger gewährleisten. Als Quelle solcher Antikörper dient das Kolostrum, das einzige Ernährungsprodukt für die neugeborenen Kälber.

Diese Antikörper, die zu verschiedenen Klassen von Immunglobulinen (Ig) gehören (I, M und A), werden im Dünndarm absorbiert und gelangen in den Blutkreislauf des Kalbes. Sie gewährleisten seine passive Immunität in den ersten 2 - 3 Wochen nach der Geburt, d. h. bis zu dem Moment, wo das Kalb selbst eigene Antikörper produzieren kann. Außer der Versorgung des neugeborenen Kalbes mit Antikörpern, besteht auch eine wichtige Funktion des Kolostrums in der Gewährleistung des gleichmäßigen Übergangs von der Ernährung des Fötus mit den Stoffen, die er mit dem mütterlichen Blut erhält, bis hin zum selbständigen Existieren des Kalbes unter den jeweiligen Umweltbedingungen. Bei der rationellen Ausnutzung des Kolostrums können die Verluste der Jungtiere bedeutsam gesenkt und die Effektivität der Züchtung erhöht werden.

Die Probleme, die hier zu lösen sind, können in 2 Gruppen eingeordnet werden:

1. Die Verbesserung der Kolostrumqualität
2. Optimierung der Anwendungsmethoden der Kolostrumausnutzung

[1] Dr. N. A. Epstein, Timirjasew-Akademie Moskau, Timirjasewskaja, 127550 Moskau

Wie bekannt hängt die Kolostrumqualität von vielen verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. der Rasse und das Alter der Kühe sowie den Bedingungen ihrer Haltung und Fütterung.
Jeder dieser Faktoren benötigt eine spezielle Erörterung und vielleicht einen einzelnen Vortrag. Wir können sie aber hier nur sehr kurz skizzieren.
Beim Vergleich des Kolostrums der Kühe von verschiedenen Rassen wurde der niedrigste Ig-Gehalt mit 4,2 % bei Kühen der Holsteinrasse festgestellt. Darauf gründet sich wahrscheinlich die höhere Sterblichkeit und Erkrankungshäufigkeit der Kälber dieser Rasse.
Die Rassenunterschiede wurden auch nach anderen Inhaltsstoffen des Kolostrums, insbesondere nach dem Gehalt an Gesamteiweiß, Milchfett, ungesättigten Fettsäuren sowie den verschiedenen Fraktionen des Kaseins entdeckt.
Es wurden auch bestimmte Schwankungen des Ig-Gehalts im Kolostrum im Zusammenhang mit der genetischen Differenzierung der konkreten Herde ermittelt.
Die Kolostrumqualität wird auch vom Alter der Kühe beeinflußt, z. B. enthält das Kolostrum der Erstlingskühe 1,1 - 1,5 mal weniger Gesamteiweiß und Ig als das Kolostrum der älteren Kühe. Einige Wissenschaftler meinen, daß gerade mit dieser Tatsache die höhere Erkrankungshäufigkeit der Kälber von Erstlingskühen an Diarrhoe und respiratorischen Krankheiten verbunden ist. Jedoch kann das auch mit größerer Häufigkeit schwerer Geburten, Infektion der Euter und minderwertiger Fütterung bei Erstlingskühen verbunden sein.
Von Interesse sind auch die Angaben darüber, daß der Ig- und Eiweißgehalt im Kolostrum bei Winterration und bei Haltung der Kühe ohne Streu höher ist. Bei der Haltung auf Streu ist das Ig-Niveau im Sommer und Winter praktisch gleich.
Auf die Zusammensetzung und Eigenschaften des Kolostrums wirken auch andere Faktoren; wie Störungen des Stoffwechsels und Euterkrankheiten. Eine bestimmte Rolle spielen auch die individuellen Besonderheiten der Kühe, ihr Temperament und antigene Belastung vor der Geburt.
Also sind wir berechtigt, den Schluß zu ziehen, daß die Kälber in der empfindlichsten Periode ihres Lebens ein Produkt bekommen, das seiner Qualität nach sehr verschieden ist. Außerdem entspricht es nicht immer den aktuellen Bedürfnissen der Kälber. Hier befindet sich unserer Meinung nach die grundlegende Quelle oder mit anderen Worten der Brennpunkt der Probleme, mit denen der Züchter bei der Aufzucht des Kalbes zu tun hat.
Wie können diese Probleme gelöst werden? Wir wollen es hier nur in allgemeinen Zügen bestimmen. Das sind im folgenden:

1. Die Erhöhung der Qualität des Kolostrums
2. Die Auswahl des günstigsten Systems und des Verfahrens der Fütterung des Kolostrums
3. Ausarbeitung von Methoden der Qualitätskontrolle des Kolostrums und Aufbewahrung seines Überschusses
4. Die Standardisierung des Kolostrums und die Herstellung des künstlichen Kolostrums

Die Erhöhung der Qualität des Kolostrums ist möglich bei entsprechender und regelmäßiger Vorbereitung der Kühe zur Abkalbung. Darunter versteht man vor allem fehlerlose Fütterung und richtige Haltung.
Eine andere Möglichkeit besteht in der Herstellung eines sogenannten Immunkolostrums, in dem mit Hilfe von Immunisation (Schutzimpfung) der Antikörpergehalt im Kolostrum bedeutend erhöht werden kann.
In Deutschland wurden erfolgreiche Versuche mit der Standardvakzine „Dessau" für diesen Zweck durchgeführt. In Rußland wurden für dieses Ziel verschiedene multivalente Vakzine angewandt.
Es gibt verschiedene Immunisationstechniken, bei denen positive Ergebnisse in gezielter Immunprophylaxe bei Kälbern erlangt wurden.
Gleichfalls werden auch Versuche durchgeführt, um den biologischen Wert und die Eigenschaften des Kolostrums mit der Zugabe verschiedener aktiver Stoffe (unspezifische Ig, Vitamine, Hormone u. a.) zu erhöhen. Es gibt auch günstige Beobachtungen bei der Bestrahlung der trächtigen Kühe mit UV-Licht, besonders wenn es im Futter an Vitamin D mangelt. Durch diese Bestrahlung wird der Gehalt des Vitamin D im Kolostrum erhöht.
Heutzutage existieren im Grunde genommen 2 Systeme für die Aufzucht neugeborener Kälber:

1. Die Haltung der Kälber zusammen mit ihrer Mutter einige Tage nach der Geburt - die Saugaufzuchtsmethode -
2. Das Handtränken der Kälber aus einem Tränkgefäß oder Eimer

Diese Techniken weisen Vor- und Nachteile auf und haben einen unterschiedlichen Investitionsbedarf und technologische Lösungen. Bei der Saugaufzucht, die besonders häufig in der Fleischrinderzucht angewendet wird, bekommen die Kälber soviel frische und warme Kolostrummilch aus dem Euter, wie sie brauchen und sooft wie es für sie notwendig ist. Der Saugakt ist physiologischer als die Handtränkung, besonders aus dem Eimer. Die wichtigen Inhaltsstoffe des Kolostrums, darunter in erster Linie Ig, werden schneller absorbiert. Erkrankungshäufigkeit und Verluste sind in vielen Fällen niedriger als bei der Handtränkung.
Außerdem wirkt sich die Saugaufzuchtmethode gut auf die Gesundheit frischmelkender Kühe aus. Als Nachteil gilt sein negativer Einfluß auf die Milchleistung der Kühe. Jedoch darf man nicht vergessen, daß die Effektivität der Saugaufzucht von der Wirkung vieler Faktoren abhängt, darunter auch von der Dauer des Abstandes von der Geburt bis zur ersten Kolostrumaufnahme, dem physiologischen Zustand der Mutterkuh, Bedingungen ihrer Vorbereitung zur Abkalbung, die epizootische Situation im Betrieb, Stall usw.
Handtränken erlaubt, einige Nachteile der Saugaufzucht zu vermeiden. Alter und Gesundheitszustand der Mutterkühe, Größe und Form ihrer Euter spielen bei dieser Methode keine entscheidende Rolle. Wenn es notwendig ist, kann man das Kolostrum von anderen Ammenkühen nutzen. Außerdem macht das Handtränken die Kontrolle der Kolostrumqualität möglich. Jedoch besteht der grundlegende Vorteil dieses Systems

gegenüber der Saugaufzucht vor allem in der Möglichkeit, das Ernährungsregime zu regulieren, d. h. die Menge und Häufigkeit der Kolostrumverabreichung in Abhängigkeit vom physiologischen Zustand der Kälber und konkreten Aufzuchtbedingungen zu bestimmen. Die Effektivität des Handtränkens kann bedeutend erhöht werden durch die Anwendung verschiedener Tränkverfahren. Heutzutage sind viele technische Lösungen hier im Einsatz, diese erlauben das natürliche Saugen zu imitieren. Das Kolostrum tritt in den Organismus mit kleinen Portionen ein, wird mit größerer Speichelmenge vermischt und besser verdaut. Nach Angaben von ZAREMBA und Mitarbeitern (1985) z. B. gelang es, allein durch Umstellung von der Eimer- zur Nuckeltränke die Durchfallraten von 60 % auf 13 % zu senken.

Bei allen Tränkverfahren hat die Qualität, Menge, Temperatur und die Zeit der Erstkolostrumversorgung eine große Bedeutung.

Die Zeitspanne zwischen Abkalbung und Kolostrumaufnahme darf nicht länger als 1 bis 2 Stunden betragen. Das spielt die entscheidende Rolle bei der Ausbildung und dem Niveau des umweltspezifischen Schutzes. Für Kälber mit verringerter Vitalität, die freiwillig kein Kolostrum aufnehmen, wird die Zwangsverabreichung von mindestens 1 l Erstkolostrum in den ersten zwei Lebensstunden empfohlen.

Einen wichtigen Platz in der Kälberaufzucht, darunter auch aus ökonomischen Gründen, nimmt die Frage nach der rationellen Ausnutzung des Kolostrumüberschusses ein. Das Kalb bekommt beim Muttersaugen oder Handtränken am ersten Lebenstag 4 bis 7 l Kolostrum. In derselben Zeit gibt die Kuh spezialisierter Milchrassen, mit der durchschnittlichen Leistung von 5 bis 6 Tausend Liter, 15 bis 20 l Milch. Wie die Rechnung zeigt, geben die Holstein-Kühe bei den ersten 6 Melkungen 43,5 l Kolostrummilch. Nach dem Tränken der Kälber bleiben noch 32,5 l Kolostrum. In Betrieben, besonders in großen, bildet sich also ein beträchtlicher Überschuß des Kolostrums. In Betrieben, wo es 100 und mehr Kühe gibt, beträgt der Überschuß häufig 5 bis 8 Tausend Liter pro Jahr. Manchmal wird dieses Kolostrum bei uns weggeworfen, mit Wasser oder Magermilch verdünnt, kann es für die Fütterung der älteren Kälber ausgenutzt werden. Aber wenn das Kolostrum von guter Qualität ist und in einer günstigen Jahreszeit gewonnen wird, d. h. im Sommer oder im Herbst, wenn es besonders reich an Vitaminen ist, wäre es erstrebenswert, es für die Fütterung der Kälber, die im Winter oder Frühling geboren werden, aufzubewahren.

Heutzutage gibt es viele Methoden, um den Kolostrumüberschuß zu lagern. Die wichtigste von ihnen ist das Einfrieren und die Fermentierung des Kolostrums auf natürliche Weise oder unter Anwendung von verschiedenen mikrobiellen Kulturen (Gärstoffen).

Es gibt auch die Möglichkeit der Lagerung des Kolostrums unter Anwendung von verschiedenen Konservierungsstoffen. Als letzte werden am häufigsten Formaldehyd, Antibiotika, Kaliumsorbat, organische Säuren u. a. genutzt. Die Auswahl hängt von vielen Faktoren ab. Aber da jede Technik eine bestimmte Ausrüstung braucht, muß es bei der Projektierung und dem Bau der Ställe berücksichtigt werden.

Heutzutage hat die Konservierung des Kolostrums durch Einfrieren eine große praktische Bedeutung. Das auf seine Qualität überprüfte Kolostrum wird in 1-Liter-Flaschen

oder 2- bis 3-Liter-Behälter gefüllt und bis zur Nutzung bei einer Temperatur von -18°/ -20 °C aufbewahrt.
Für diesen Zweck können die gewöhnlichen häuslichen Tiefkühlschränke benutzt werden.
Bei sechsmonatiger Lagerung bei -20 °C wurde keine Senkung im Gehalt von Vitamin A festgestellt. Die Verluste im Karotingehalt betrugen nur 6 %. Uns sind Untersuchungen bekannt, in denen das Kolostrum 15 Jahre gelagert wurde ohne bedeutsame Senkung seines Nährwertes und der immunologischen Qualität.
Es erscheint zweckmäßig, in allen Betrieben einen Vorrat des tiefgefrorenen Erstkolostrums zu haben. Die Ausnutzung dieses Kolostrums erlaubte in vielen Fällen die Erkrankungsrate und Verluste der Jungtiere, die besonders in der Winter- und Frühlingsperiode geboren wurden, bedeutend zu senken.
Selbstverständlich ist es bei der Anwendung des konservierten Kolostrums notwendig, streng die veterinärmedizinischen Regeln, besonders hinsichtlich der Leukose, zu befolgen.
Eines der wichtigsten Probleme bleibt heute die Ausarbeitung annehmbarer Methoden für die Kontrolle der chemischen Zusammensetzung, der biologischen Eigenschaften und der Qualität des Kolostrums. Von den vielen verfügbaren Methoden ist die Schnelldiagnostik von besonderem Interesse, die unmittelbar im Kälberstall verwendet werden kann. Als zugänglichste und einfachste gilt heute die Messung der Dichte des Kolostrums, da zwischen der Dichte und dem Ig-Gehalt im Kolostrum ein enger Zusammenhang besteht. Diese Abhängigkeit wurde zum ersten Mal in Untersuchungen von FLEENORR und STOFF entdeckt und später von vielen Wissenschaftlern ausführlich untersucht. Seitdem werden für die Qualitätsbestimmung des Kolostrums verschiedene Areometer (Densitomer) empfohlen. In Deutschland, auf dem Territorium der ehemaligen DDR, wurden die sogenannten Kolostrumprüfkörper breit angewendet - ein Plastikwürfel, der die gleiche Dichte bei 35 °C hat wie das Kolostrum mit einem Ig-Gehalt von 70 g/l.
Wenn die Dichte des Kolostrums geringer ist, geht der Würfel im Kolostrum unter, was schnell eine Qualitätsbestimmung erlaubt. Also die Einschätzung „gut" oder „weniger gut".
Wir, an der Timirjasew-Akademie haben auch ein schwimmerähnliches Plastikgerät konstruiert, das wir Kolostrodensitometer nennen. Er ist farbig graduiert und gestattet es, das Kolostrum in 4 Gruppen aufzuteilen:
- schlecht (mit Ig-Gehalt unter 40 g/l, wird nicht dem Kalb gegeben)
- mittelmäßig (Ig-Gehalt zwischen 40 und 70 g/l)
- gut (Ig-Gehalt 70 bis 100 g/l)
- sehr gut (Ig-Gehalt mehr als 100 g/l)

Mit Hilfe dieses Gerätes können gleich mehrere Aufgaben gelöst werden:

1. Für die Kälber ungeeignetes Kolostrum auszuscheiden
2. Die Menge von Kolostrum zu bestimmten, die für das Kalb notwendig ist, um das notwendige Ig-Niveau bei ihm im Blut zu erreichen
3. Das wertvolle Kolostrum für Lagerung und die weitere Verwendung, besonders für Kälber mit verringerter Vitalität, auszuwählen.

Außerdem erlaubt dieses Gerät wertvolle Informationen über Fütterungs- und Haltungsbedingungen der trächtigen Kühe zu bekommen und die richtige Vorbereitung zur Abkalbung einzuschätzen.

Wir sehen, daß es noch viele Probleme gibt, die gelöst werden müssen. Es gibt aber auch viele Reserven, um die Ergebnisse der Kälberaufzucht zu verbessern. Wir denken, daß es neben der Arbeit in obengenannten Richtungen notwendig ist, umfassend an die Probleme der Aufzucht von neugeborenen Kälbern heranzugehen. Die Neugeborenen-Periode ist gegenwärtig der einzige Abschnitt im Leben eines Kalbes, in dem es ein nicht standardisiertes Futter bekommt.

Die erfolgreiche Lösung dieses Problems sehen wir in einer wissenschaftlich begründeten Fütterung und Haltung der neugeborenen Kälber, vor allem in der Standardisierung des Kolostrums. Eine Perspektive ist der Einsatz biologisch aktiver Zugaben zum Kolostrum oder die Herstellung künstlichen Kolostrums.

Als mögliche Ausgangsquelle könnte defibriniertes Blutserum aus Fleischbetrieben oder Molke angesehen werden. Diese Stoffe enthalten viele Serumproteine, darunter auch Ig-s.

Gegenwärtig ist schon eine entsprechende Technik für Eiweißkonzentratgewinnung aus Molke, wie Ultrafiltration, Rückosmose, Gelfiltration, Elektrodyalyse, Ionentauschchromatographie in industriellem Maßstab erprobt.

Durch Kombination dieser Methoden kann man verschiedene wichtige Inhaltsstoffe aus Molke gewinnen, vor allem Ig-s in erwünschten Konzentrationen.

Die erfolgreiche Lösung dieser Aufgaben erfordert die enge Zusammenarbeit von Spezialisten auf verfahrenstechnischem Gebiet sowie auf den Gebieten Ökologie und Umweltschutz. Ich möchte mit meinem Vortrag deutlich machen, daß hier ein großer Forschungsbedarf besteht, um in vielen Ländern die Kälberverluste zu senken und die Ökonomie bei der Kälberaufzucht zu erhöhen.

Einflüsse des Haltungssystems auf Fruchtbarkeit, Milchleistung und deren Wechselbeziehungen bei Hochleistungskühen

Matthias Platen und Ernst Lindemann[1]

Einleitung

In Süddeutschland, Österreich und in der Schweiz stehen aufgrund der dortigen Betriebsstruktur über 80 % der Milchkühe in Anbindeställen. Auch in den Neuen Bundesländern überwiegt die Anbindehaltung. So stellen es GOTTSCHALK et al. (1992) dar. Nach Angaben von DAMM (1993) befinden sich 60 - 80 % der Milchkühe in Mitteleuropa in Anbindehaltung.
Der gegenwärtige Trend führt weg von der Anbindehaltung und etabliert die verschiedensten Laufstallvarianten. Diese Entwicklung hat ihre Ursachen in vielen arbeitswirtschaftlichen und tiergesundheitlichen Vorteilen der Laufstall- gegenüber der Anbindehaltung von Milchkühen.
Ein zweiter Trend in der Milcherzeugung aber führt zu ständig wachsenden Einzeltierleistungen, unterstützt durch Züchtung und immer bessere verfahrenstechnische Gestaltung der Haltungsumwelt.

Bei Hochleistungskühen zeigt sich - entgegen vielen Erwartungen - eine steigende Merkmalsvarianz in Fruchtbarkeit und Milchleistung; den allgemeinen und speziellen Leistungen liegt eine hohe Tierindividualität und steigende Sensibilität gegenüber Haltungs- und Managementeinflüssen zugrunde.
Die Vereinbarkeit von Milchhochleistungen mit gutem Fruchtbarkeitsgeschehen, die von einer Reihe Autoren nachgewiesen werden konnte - zu nennen sind hier z. B. SCHÖNMUT et al. (1981); FÜRSTENBERG (1990); PLATEN et al. (1995) - setzt eine differenzierte Betreuung der Tiere voraus.
Unter der Konstellation eines genetisch veränderten Tieres einerseits und Optimierung der Umweltbedingungen andererseits ergibt sich die Notwendigkeit, die Anbinde- im Vergleich zur Laufstallhaltung bezüglich ihrer Wirkungen auf Milchleistung und Fruchtbarkeit in hohen Leistungsbereichen neu zu prüfen.
Hierzu wurde in einer amerikanischen Hochleistungsherde mit einer Laktationsleistung von über 10000 Litern ein innerbetrieblicher Vergleich zwischen beiden Aufstallungsformen durchgeführt.

[1] Dipl.-Ing. agr. M. Platen, Prof. Dr. habil. E. Lindemann, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Angewandte Nutztierwissenschaften, FG Tierhaltungssysteme, Philippstr. 13, 10115 Berlin

Material und Methoden

Von den 270 Holstein Frisian- Kühen wurden 210 Tiere in zwei Liegeboxen-Laufstallgruppen und 60 Tiere in einem wärmegedämmten Anbindestall gehalten. Liegplatzgestaltung und Futterration waren identisch. Brunstkontrolle und Besamung wurden von denselben Personen durchgeführt. Auch das Melken fand im selben 2 x 10 FGM- Melkstand mit automatischer Zustreibeeinrichtung und Schnellauslaß statt. Die Aufstallung erfolgte zufällig, so daß als einziger differierender Faktor die Haltungsform angesehen werden kann.
Es wurden die Milchleistungsparameter Milchmenge, Milchfett, Milcheiweiß, die Summe der Inhaltstoffe, der Eiweiß- Fett- Quotient sowie der Eutergesundheitsstatus der Kühe verglichen.
Zur Einschätzung der Fuchtbarkeitslage in beiden Haltungssystemen wurden der Besamungsindex, die Zwischentragezeit, die Abgänge aus Fruchtbarkeitsgründen untersucht sowie eine Teilanalyse der puerperalen Erkrankungen vorgenommen. Dabei wurde der Beginn der ersten Ovulation post partum mitttels Progesteronbestimmung ermittelt. Gerade dieser organische Parameter ist weitgehend frei von management- oder milchleistungsbedingten Einflußüberlagerungen.

Mathematisch- statistische Auswertung

Die Anwendung spezieller statistischer Methoden ergibt sich aus den Abweichungen verschiedener Fruchtbarkeitsparameter von der Normalverteilung. Die Tests auf Normalverteilung wurden mit dem Kruskal- Wallis- Test durchgeführt. Die Nachweise über Vorliegen von Varianzhomogenität erfolgten mit dem Levene- Homogenitätstest. Signifikanzen werden mit dem T- Test nachgewiesen. Bei nicht normalverteilten Datensätzen wird der Man- Whitney- U-Test als nichtparametrisches Verfahren zur Überprüfung der Signifikanzen angewendet. Generell finden die 95%- Konfidenzintervalle Anwendung.

Ergebnisse und Diskussion

Da bei Anbindehaltung alle Funktionen am gleichen Ort ablaufen und die artspezifischen Verhaltensformen Sozialverhalten und Fortbewegung vom Tier kaum realisiert werden können, sind insbesondere im Fruchtbarkeitsgeschehen schon Nachteile angezeigt. Für die Brunsterkennung, unterstützt durch gegenseitige Stimulation der Kühe und die Möglichkeit des gegenseitigen Aufspringens, sind deshalb nachgewiesenermaßen dem Laufstall Vorteile einzuräumen. Viele Autoren wiesen dies nach in höheren Besamungsindizes in Anbindehaltung (SÖLD 1975, FLITZ 1976, ANDREAE 1973, MOUSSA 1989). Eine Reihe von Untersuchungen

zeigt darüber hinaus kürzere Zwischentragezeiten für nicht angebundene Kühe, wobei es besonders hier Unterschiede bei den Angaben gibt.
Noch Gegensätzlicher werden die Literaturangaben bei den Milchleistungsparametern. Als Grundtendenz kann jedoch festgehalten werden, daß im Anbindestall höhere Milchfettkilogramm- Leistungen erbracht werden. Dies wird oft in Zusammenhang mit einer ketogenen Belastung des Organismus gesehen (LINDEMANN & KAUFMANN 1983, MOUSSA 1989).
Die teilweise unterschiedlichen Ergebnisse lassen sich also sowohl auf stark differierende Haltungs- und Managementbedingungen zwischen den untersuchten Betrieben als auch auf ein unterschiedliches Leistungsniveau des den jeweiligen Untersuchungen zu Grunde liegenden Tiermaterials zurückführen. Deshalb seien die zwei grundlegenden Faktoren der eigenen Untersuchungen noch einmal genannt: 1. es handelte sich um Hochleistungstiere, 2. die Gegenüberstellung der beiden Haltungssysteme beruht auf einem innerbetrieblichem Vergleich.
Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen ergeben übereinstimmend mit vielen bisherigen Erkenntnissen höhere Besamungsindizes für die angebundenen Tiere, aber deutlich kürzere Zwischentragezeiten und einen früheren postpartalen Beginn der Ovaraktivität, wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist.

Tabelle 1: Fruchtbarkeitsparameter im innerbetrieblichen Stallsystemvergleich

Parameter	Anbindestall	Laufstall
Besamungen/ Gravidität	2,7	1,9
Zwischentragezeit	111 Tage	131 Tage
Erste Ovulation p.p.	16. Tag	24. Tag
Abgänge Sterilitäten (in % der Gesamtabgänge)	11,8	18,6
Besamungsorientierte Behandlungen (in % aller Tiere)	105	113
Verhältnis PGF 2α- Applikationen zu zystösen Erkrankungen	0,5 : 1	2,5 : 1

In allen Fällen liegt Signifikanz vor (CI= 95%). Es bestehen keine altersstrukturellen Unterschiede.
Dieser frühe Beginn der ersten Ovulationen nach dem Kalben im Anbindestall findet Parallelen in der Literatur (FÜRSTENBERG 1990, KOZICKI 1982). Damit kann zunächst die Aussage getroffen werden, daß keine grundsätzliche negative Beeinflussung der Ovarfunktionen durch Anbindehaltung vorliegt.

Bei Hochleistungskühen ist von anderen physiologischen Verhältnissen auszugehen als bei Tieren in niedrigeren Leistungsbereichen. Deshalb ist es von besonderer Bedeutung, die einzelnen Parameter der Leistungsreaktion der Tiere im Zusammenhang zu sehen: bei gleicher Milchmengenleistung konnte eine signifikant höhere Milchfettkilogrammleistung ermittelt werden (siehe Tabelle 2)

Tabelle 2: Milchleistungsparameter im innerbetrieblichen Stallsystemvergleich

Parameter	Anbindestall	Laufstall
Milchmengenleistung (Liter)	10154	10196
Milchfett- kg	408	379
Milcheiweiß- kg	331	322
Summe der Inhaltstoffe (kg)	744	697
Eiweiß- Fett- Quotient	0,83	0,86
Eutererkrankungen (% aller Tiere)	39	51

Signifikanz (CI= 95%) liegt bezüglich Milchmengenleistung, Milchfett- kg, Summe der Inhaltstoffe, Eiweiß- Fett- Quotient sowie Eutererkrankungen vor.
Weiterhin wurden im Anbindestall signifikant höhere Gewichte der Kühe nach dem Kalben gemessen: 680 kg im Anbindestall, 630 kg im Laufstall. Dies ließe einen höheren Körperfettabbau vermuten. Eine daraus folgende eventuelle stärkere ketoge Belastung der angebundenen Tiere, die sowohl die höhere Fettleistung als auch die erhöhte Anzahl zystöser Erkrankungen bedingern würde, kann aus Sicht der Eiweißleistung und der Gesamtinhaltstoffleistung ausgeschlossen werden.
Daneben wirkt sich eine Stoffwechselbelastung infolge forcierten Körperfettabbaues auch auf den Beginn der ovariellen Funktionen verzögernd aus. Erste Ovulationen setzten aber im Anbindestall um acht Tage früher ein als im Laufstall, so daß eine pathologische Stoffwechsellage aus dieser Sicht ausgeschlossen werden kann.
Da außerdem die absolute Quote besamungsorientierter Behandlungen im Anbindestall mit 8% und die Abgänge aus Sterilitätsgründen mit 7% unter der des Laufstalles liegen, kann von einer besseren Gesamtsituation ausgegangen werden.

Zur Erklärung der Vorteile für den Anbindestall sei ein letztes Ergebnis dargestellt: das Freß- und Liegeverhalten im Laufstall und im Anbindestall wurde durch stündliche Zählung der jeweils fressenden und liegenden Tiere aufgenommen. Der T- Test ergibt hierbei nicht signifikant differierende Mittelwerte von
14 % fressenden Tiere zu jeder Stunde im Anbindestall und
13 % fressenden Tiere zu jeder Stunde im Laufstall.
Für den Prozentsatz liegender Tiere ergeben sich folgende Mittelwerte:
64% liegende Tiere zu jeder Stunde im Anbindestall und
55% liegende Tiere zu jeder Stunde im Laufstall.
Diese Differenz von fast 10% mehr liegenden Tieren im Anbindestall ist statistisch signifikant (CI 95%).
Hoch leistenden Kühen haben offenbar einen gesteigerten Anspruch auf Freß- und Ruhezeiten. Die physiologischen Beanspruchungen werden durch diese längeren Phasen besser verkraftet, Ernergien für das Aufsuchen des Freßplatzes und für Rangauseinandersetzungen entfallen. Vermutlich gestaltet sich das RFI (residual feed intake) günstiger.
GROENEWOLD et al. (1980) schlußfolgern aus einem Stallsystemvergleich im Laufstall stärker negative Auswirkungen hoher Milchleistungen auf die

Fruchtbarkeit als im Anbindestall. Dies ist auch die zentrale Erkenntnis der eigenen Untersuchungen und die Begründung der Leistungsvorteile für Tiere im Anbindestall.
Einige Nachteile jedoch wurden auch genannt. Diese betreffen die höheren Häufigkeiten von Ovarialzysten. Tabelle 1 zeigt eine deutliche Verschiebung des Verhältnisses von Prostaglandinapplikationen zu zystösen Erkrankungen: im Anbindestall betrug dieses Verhältnis 0,5 zu 1, im Laufstall 2,5 zu 1, so daß die Frage nach dem Grund für vermehrte Follikelthekazystenbildung im Anbindestall steht. Über die Ursache dieser sog. "Zivilisationskrankheit der Milchkühe", wie es GRUNERT (1982) bezeichnet, ist nach wie vor wenig bekannt.
Der frühere Beginn zyklischer Ovarfunktionen im Anbindestall in Zusammenhang mit einer durch die bewegungsarne Haltung verzögerten Gebärmutterrückbildung kann eine Ursache sein. Ähnliche Zusammenhänmge schildern FÜRSTENBERG (1990) und SCHALLENBERGER (1993).
Zystenbildung stellt grundsätztlich eine Anpassungsstörung an Belastungen dar. Diese können physiologischer und umweltbedingter Natur sein. BUSCH 1989 und GRUNERT 1982 beschreiben einen Abschaltmechanismus, der bei solchen Belastungen die Fortpflanzungsfunktion zurückstellt. Er funktioniert insbesondere im Falle der Follikelthekazysten nur unvollständig, so daß es zur Überfunktion der Follikel kommt.
Im Laufstall zeigten die hohen PGF- Applikationen, die u.a. Indiz für Brunstlosigkeit bzw. Gelbkörperzysten darstellen, daß eine Überfunktion der Eierstöcke vorlag, der Abschaltmechanismus infolge der Belastung durch die Hochleistung hier in genannter Weise voll beansprucht wurde. Im Anbindestall dagegen wurde die Fortpflanzungsfunktion nur teilweise blockiert. D.h., die Hochleistung belastete die Tiere hier weniger stark .
Die Fruchtbarkeitssituation wie auch die Leistung der Einzeltiere- gemessen an den Milchinhaltstoffen- ist also als deutlich besser im Anbindestall einzustufen.
Das Problem der bewegungsarmen Haltung wirkt sich erstens auf die schlechtere Brunsterkennung aus, was die höheren Besamungsindizes miterlärt. Zweitens wird die Uterusinvolution verzögert- ein rein bewegungstechnisches Problem, wie spätestens seit SCHIPILOW (1963) bekannt ist.
Da aber die organische, konstitutionsbedingte erste Ovulation verhältnismäßig früh- zu einem Zeitpunkt noch nicht vollständig rückgebildeter Gebärmutter- einsetzt, wird durch diese Überlagerung von Rückbildung und Wiederanlaufen der Funktionen das bessere Fortpflanzungsvermögen der Tiere durch Follikelthekazysten kontakarriert. Diese führen zu Brunstverlängerungen, Unsicherheiten in der Brunsterkennung, Nymphomanie, was weitere-, vielleicht Hauperklärung für die höheren Besamungsindizes ist.
Konditionsbedingte Vorteile sowie bessere Übersicht über die Tiere des Anbindestalles führen trotzdem zu kürzeren Zwischentragezeiten und weniger Fruchtbarkeitsstörungen.
Die bessere Tierbetreuung und Haltungshygiene im Anbindestall wird auch durch die Quote der Eutererkrankungen nachgewiesen. Bei gleichem Gehalt somatischer

Zellen liegt die Eutererkrankungsrate im Anbindestall fast 12% unter der des Laufstalles.
War früher der Aspekt der Einzeltierpflege Hauptkriterium, so ist heute der Gesichtspunkt der Arbeitsersparnis und -erleichterung vordergründig (COMBERG & HINRICHSEN 1974). Dieser Aspekt hat sich heute, mehr als 20 Jahre später, ohne Zweifel verstärkt. Eine abschließende Darstellung zeigt, daß auch mit einer teilweisen Anbindehaltung sehr gute Effektivitätsparameter, gemessen an der gemolkenen Milchmenge pro Arbeitskraftstunde (gem. Milch/ AKh) erreicht werden können (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Melkleistungen in deutschen und US- amerikanischen Milchviehbetrieben (KAUFMANN & PLATEN 1995) (UB= Untersuchungsbetrieb)

Herde	Kuhzahl	Melkstand	Laktations-leistung kg	Kühe/ AKh (melken)	gem. Milch/ AKh
USA	480	2 x 12 Parallelmelkst	10442	120	1135
USA	700	2 x 10 FGM Schnellauslaß	11577	109	1024
USA-UB	**300**	**2 x 10 FGM Schnellauslaß**	**10071**	**75**	**1035**
BRD	970	2 MK mit je 24 Plätzen	7000	57	547
BRD	240	2 x 8 FGM	6600	48	433

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Hochleistungskühe im Anbindestall erbringen höhere Milchinhaltstoffleistungen, weisen kürzere Zwischentragezeiten, einen früheren Beginn der postpartalen Ovaraktivität und weniger Brunstlosigkeiten wie auch Eutererkrankungen auf als Tiere im Laufstall. Die Abgänge aus Fruchtbarkeitsgründen stellen sich im Anbindestall reduziert dar. Diese Leistungsvorteile begründen sich u.a. in länger ausfallenden Freß- und Liegezeiten bei dieser Haltungsform.
Für Laufställe schlußfolgert sich daher, vor allem ein Tier- Liegeplatzverhältnis, ebenso aber ein Tier- Freßplatzverhältnis von 1:1 anzustreben.
Energie- und Zeitverluste durch Bewegung und Rangauseinandersetzungen reduzieren sich bei Anbindehaltung. Die körperliche Konstitution gestaltet sich günstiger. Das durch die Hochleistung besonders geforderte Adaptationsvermögen wird begünstigt, die hohe katabole Leistung wirkt sich weniger negativ auf den Organismus aus. Im Sinne dieser Leistungsvorteile im Anbindestall wäre eine Aufteilung der Herde in zwei verschiedene Haltungssysteme, z.B. nach Laktationsstadien (in Verbindung mit dreimaligem Melken der Tiere des 1. Laktationsdrittels), denkbar. Krankheitsbelastete oder Tiere, die für

Sonderbehandlungen (Embryotransfermaßnahmen) vorgesehen sind, könnten im Anbindestall einer schonenderen Haltung und besseren Kontrolle und Veterinärhygiene unterzogen werden. Eine solche teilweise Haltung der Kühe im Anbindestall bringt keine stärkeren arbeitswirtschaftlichen Mehraufwendungen mit sich.
Aus den Problemen bei der Besamung schlußfolgert sich erstens: die Anbindehaltung ist für die Zeit nach der Kalbung bis zum Zeitpunkt vor der Besamung zu empfehlen. Zweitens folgt daraus die Einschränkung, peripartal belastete Kühe nicht unmittelbar nach der Kalbung in Anbindung zu halten.
Durch die Bewegungsarmut werden Involutionsverzögerungen des Uterus und Follikelzysten begünstigt. Ein Zusammenhang mit der höheren Milchleistung im Anbindestall ist angezeigt. Drittens formuliert sich die Forderung nach intensiverer Brunstkontrolle, z.B. erleichtert und unterstützt durch Milchprogesterontests.

Diese Tagung beschäftigt sich mit der Gestaltung der Haltungsumwelt. In diesem Sinne sei zum Abschluß dieses Beitrages eine grundsätzliche Schlußfolgerung aus den eigenen Untersuchungen getroffen:
Viele Leistungsdifferenzen insbesondere beim Fruchtbarkeitsgeschehen, die oftmals auf eine genetische Veränderung durch fortgeschrittene Züchtung auf hohe Milchleistungen zurückgeführt werden, sind größtenteils umweltbedingter Natur.
Die dargestellten Untersuchungen zeigen deutlich, daß die Vereinbarkeit von Milchhochleistung mit gutem Fertilitätsgeschehen zu einem großen Teil an die Gestaltung der Haltungsumwelt gebunden ist.

Literatur

ANDREAE, A.:(1979): Reaktion von Milchkühen auf die Haltung im Boxenlaufstall.- Tierzüchter 25, 303.

COMBERG & HINRICHSEN, (1974): zit. n. Domke, E. (1989): Literaturstudie zur Nutzungsdauer bei Milchkühen.- Dipl. Humboldt- Univ. Berlin.

DAMM, TH. (1993): Artgerechte Haltungsverfahren für Rindvieh.- Bauen für die Landwirtschaft 30, 1/2, 21- 24.

FLITZ :(1975): ZIT. N. WERNER, W. (1977): Erhebungen über Fruchtbarkeit, Langlebigkeit und Milchleistung des Rindes in Betrieben unterschiedlicher Haltungsform.- Diss Gießen.

FÜRSTENBERG, L. (1990): Untersuchungen über die Einflüsse auf die Zyklusaktivität nach dem Kalben und die Fruchtbarkeit von Rindern.- Diss. Humboldt- Univ. Berlin.

GOTTSCHALK, A., H. ALPS & E. ROSENBERGER (1992): Praktische Rinderzucht und Rinderhaltung.- DLG- Verlag Frankfurt (Main).

GROENEWOLD, S.R., W. HOLTZ & C. JONGELING (1980): Einfluß des Leistungsniveaus, der Haltungsform und der Herdengröße auf die Fruchtbarkeit in Milchkuhbeständen.- Tierzüchter 11, 461- 464.

GRUNERT, E.& M. BERCHTHOLDT (1982): Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind.- Verlag Paul Parey, Jena u. Stuttgart.

KAUFMANN, O. & M. PLATEN (1995): In: Platen, M.: Untersuchungen zum Einfluß des Haltungssystems und Managements auf die Fruchtbarkeits- und Milchleistung und zu Beziehungen zwischen den Leistungsmerkmalen bei Hochleistungsmilchrindern.- Dipl. HU, Berlin.

KOZIKI, L.E. :(1982): Über den postpartalen Zyklusanlauf bei Kühen unter verschiedenen Haltungsbedingungen.- Diss. Vet.- Med. Gießen.

LINDEMANN, E.& O. KAUFMANN (1983): Zum Einfluß verschiedener Haltungsformen auf die Leistung von Milchrindern.- Tag.- Ber. Akad. Landw.- Wiss. Berlin, 210, 199- 207.

MOUSSA, S. (1989): Einfluß verschiedener Haltungsverfahren auf die Leistung von Milchkühen.- Diss. Humboldt- Univ. Berlin.

PLATEN, M., LINDEMANN, E. & A. MÜNNICH (1995): Umweltbedingte Interaktionen zwischen Reproduktions- und Milchleistung bei Hochleistungskühen in den USA.- Tierärztl. Umschau 50, 1, 41- 46.

SCHALLENBERGER, E. (1993): IN: BUSCH, W.& J. SCHULZ (1993): Geburtshilfe bei Haustieren.- Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.

SCHIPILOW, S. (1963): Neue Tatsachen über die Erhöhung der Fruchtbarkeit und Leistung der Kühe.- Zuchthygiene 7, 1.

SCHÖNMUTH, G., A. WILKE, H. GROßHANS & G. SEELAND: (1981): Zur Vereinbarkeit von hoher Leistung und regelmäßiger Fruchtbarkeit beim Rind.- Tierzucht 35, 160- 163.

SÖLD, A. (1975): Der Einfluß der Haltungsform, Rasse und Fütterung auf die Milchleistung bei Rindern in Nordbaden.- Diss. Hohenheim.

Einfluß verfahrenstechnischer und herdenspezifischer Kennwerte auf die Dimensionierung von Melkständen

René Rackwitz[1]

Problemstellung und Ausgangsbedingungen

Seit mehr als drei Jahren laufen an der Professur Landmaschinen der TU Dresden umfangreiche Untersuchungen zur Dimensionierung von Melkständen. Dieses Forschungsthema wird vor allem durch die Besonderheiten der Milchproduktion in den neuen Bundesländern bestimmt. Nicht nur eine Modernisierung der Melktechnik an sich ist für die Existenz der Milcherzeuger von ausschlaggebender Bedeutung, sondern gleichzeitig der Übergang von der arbeitsintensiven Anbindehaltung mit Rohrmelkanlage zum Laufstall in Verbindung mit einem Melkstand. Im ehemaligen Bundesgebiet gewinnt die für den Milchproduktionsbetrieb individuelle Melkstandberechnung aufgrund einer allmählichen Erhöhung der Anzahl an Tieren je Milcherzeuger an Relevanz.
Gegenwärtige Verfahren der Melkstanddimensionierung berücksichtigen Herdenkennwerte nicht oder nur indirekt und damit für betriebsspezifische Betrachtungen unzureichend. Die Leistung eines Melkstandes, die aus dem Arbeitskraftzeitaufwand je Tier hervorgeht, fordert keine zusätzlichen - durch Tiere hervorgerufenen - Wartezeiten. Der Durchsatz kann daher nur als maximal erreichbarer Wert angesehen werden. Entwickelte mathematische Modelle sind entweder unvollständig, beschreiben die Herde mit Hilfe einfacher mathematischer Methoden oder beziehen den stochastischen Charakter des Melkprozesses nicht mit ein. Untersuchungen mittels der diskreten Simulation brachten gute Ergebnisse.

Experimentiermethode

Die Verwendung der diskreten Simulation dynamischer Systeme als Experimentiermethode gründet sich auf folgende wesentliche Vorteile und Zwänge:

Zwänge:
- Die Untersuchungen bedingen Eingriffe in den Melkprozeß, die in der Praxis nicht durchführbar sind.
- Die erforderliche Variantenvielfalt von Melkständen ist nicht gegeben.
- Praktische Analysen benötigen einen zeitlich nicht vertretbaren Aufwand zur Lösung der gestellten Aufgabe.

Vorteile:
- Die Simulation ermöglicht eine Nachbildung äußerst komplizierter und komplexer Systeme bei guter Anpassung an das zu lösende Problem.

[1] Dipl.-Ing. R. Rackwitz, Technische Universität Dresden, Professur Landmaschinen am Institut für Verarbeitungsmaschinen, Landmaschinen und Verarbeitungstechnik, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden

- Eine Änderung der Modellparameter ist relativ einfach durchführbar.
- Eine Vielzahl von Einflußgrößen kann in das Modell Eingang finden.

Der Modellerarbeitung und -validierung liegen Zeitmessungen aus mehr als 30 verschiedenen Anlagen zugrunde. Ein Validierungsbeispiel ist in der Tabelle 1 dargestellt. Es verdeutlicht eine sehr gute Übereinstimmung der realen mit den Simulationszeiten.

Tab. 1: Validierungsergebnisse anhand eines konkreten Beispiels (Melkkarussell mit 40 Plätzen).

Herde	Melkpersonal	Gesamtmelkzeit in min	
		Praxis	Simulation [1)]
A	I	70	62.4 ... 72.3
B	I	135	127.5 ... 136.5
C	I	155	149.2 ... 158.2
C	II	160	155.6 ... 163.0
C	III	170	165.2 ... 173.5

[1)] Konfidenzintervalle resultieren aus 10 Simulationsläufen je Variante (Irrtumswahrscheinlichkeit α=0.05)

Das aufgenommene Datenmaterial umfaßt etwa 9000 Melkdauerwerte von ca. 6000 verschiedenen Tieren. Mit Hilfe der Modelle sind Autotandem-, Fischgräten- und Karussellmelkstände aller gegenwärtig möglichen Größen und Ausstattungen bis hin zu Trigon- und Polygonvarianten simulierbar. Die quantitative Erfassung der unbekannten Größen zur Berechnung der Gesamtmelkzeit und des Durchsatzes erforderte einen Umfang von ca. 750 Melkstandvarianten mit mindestens je zehn Simulationswiederholungen.

Ergebnisse

Zu den Ergebnissen der Analysen zählen sowohl neue Elemente zur Beschreibung der Herde als auch mathematische Algorithmen zur Bestimmung der Gesamtmelkzeit für die genannten Melkstände. Grundlage bilden die Erkenntnisse, daß die Zeiten, in denen die Tiere einer Herde während des Milchentzugs den Melker nicht benötigen, als Melkdauerfunktion erfaßbar gemacht werden können. Jeder Melkstandtyp sowie jede -größe besitzt einen charakteristischen Kennwert aus dieser Funktion, der von prozeßbeeinflussenden Parametern bestimmt wird.

Beschreibung der Herde

Nach EBENDORFF (1979) ist die Maschinenhauptmelkzeit einer Herde oder Melkgruppe normalverteilt. Eigene Untersuchungen zeigen, daß 90 % der untersuchten Herden in ihrer Gesamtheit der Melkdauern (Maschinenhauptmelkzeit einschließlich automatischem Stimulieren und Nachmelken) einer logarithmischen Normalverteilung unterliegen (Abb. 1). Sie bildet geeignete Voraussetzungen für Näherungsberechnungen.

Um die Herde oder Melkgruppe exakter zu erfassen, ist die Verwendung des Mittelwertes und der Standardabweichung jedoch zu ungenau. Untersuchungen ergaben keine zwangsläufige Erhöhung der Standardabweichung mit steigendem Melkdauermittelwert. Auch Regressionsanalysen zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen Milchleistung und Melkdauer sind kein geeignetes Mittel zur präzisen Darstellung der Melkgruppe. Zum Teil gravierende Unterschiede im durchschnittlichen Minutengemelk innerhalb einer Rasse und der Rassen untereinander verhindern eine Beschreibung auf diese Art und Weise.
Der heutige Stand der Computertechnik erlaubt wesentlich genauere Methoden zur Erfassung und Verarbeitung derartiger Daten. Zur Darstellung einer Melkgruppe wird aus den Melkdauereinzelwerten die Summenprozentkurve als Herdenkennwert (Melkdauerfunktion) entwickelt.

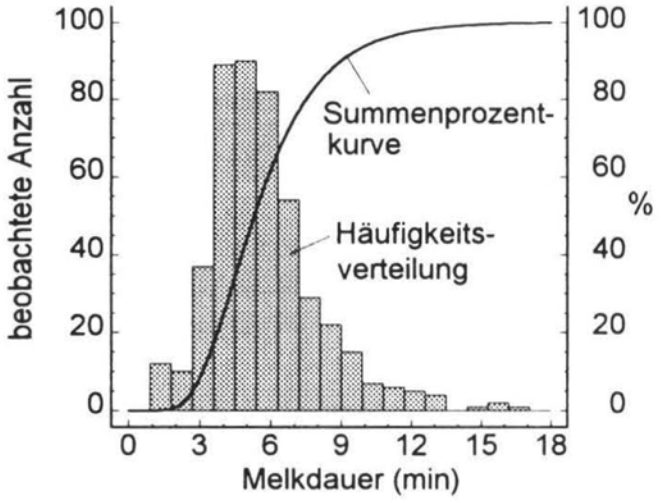


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung, Summenprozentkurve und Melkdauerfunktion einer Herde

Melkdauerfunktion

Melkdauer in min	Anzahl Tiere in % (kum.)
1.23	0.0
2.70	4.7
3.60	12.7
4.50	31.8
5.40	51.1
6.30	68.7
7.20	80.3
8.10	86.5
9.00	91.2
9.90	94.4
10.80	95.9
11.70	97.2
13.50	99.1
16.20	100.0

Für jeden Melkstand existiert genau ein charakteristischer Summenprozentwert, dessen dazugehörige Melkdauer aus der jeweiligen Melkdauerfunktion als Zeitwert in die Berechnung einfließt. Damit besteht die Möglichkeit, den zeitlichen Ablauf in den Melkständen lückenlos nachzubilden und diesen mathematisch auszudrücken.

Autotandemmelkstand

Der verfahrenstechnische Ablauf im Autotandemmelkstand kann mathematisch mit folgender Beziehung beschrieben werden.:

$$t_{mz,AT} = t_{F,AT} + (t_{wz,AT} + \bar{t}_{kw,AT} + \bar{t}_{vorb} + t_{mdw,AT}) n_{tier,mp}$$

Diese Gleichung drückt aus, daß sich die Gesamtmelkzeit $t_{mz,AT}$ aus einem Faktor für die Einlaufphase $t_{F,AT}$ zuzüglich der Summe von Wartezeit $t_{wz,AT}$, Kuhwechselzeit

$\bar{t}_{kw,AT}$, Eutervorbereitungszeit für ein Tier $\bar{t}_{vorb}$ und einem Melkdauerwert $t_{mdw,AT}$ multipliziert mit der Anzahl zu melkender Kühe je Melkplatz $n_{tier,mp}$ bestimmen läßt. Der Melkdauerwert geht wie oben beschrieben (Abschn. 3.1) aus der Verteilungsfunktion der Herde hervor. Die eigentliche - von den prozeßbeeinflussenden Parametern - abhängige Größe ist der Summenprozentwert $p_{spw,AT}$. Im Autotandem steigt dieser Wert mit zunehmender Melkplatzanzahl n_{mp} linear an. Ursachen dafür sind die Wartezeiten der Tiere bei Überschneidungen einzelner Kuhwechsel. Ferner treten bei gleicher Ausstattung und äquivalentem Tiermaterial jedoch unterschiedlichen Gruppengrößen n_{gg} Gesamtmelkzeitdifferenzen auf. Je größer die Gruppen, desto geringer ist der prozentuale Anteil des Gruppenwechsels, welcher kurzzeitige Boxensperrungen bedingt, an der gesamten Melkzeit einer Gruppe. Das Ergebnis ist ein kleinerer Summenprozentwert.

$$p_{spw,AT} = f\left(n_{mp}, n_{gg}\right)$$

Die Tierwartezeit im Melkstand ergibt sich aus der Wechselwirkung von Melkeranzahl n_{melk}, Eutervorbereitungszeit, Melkdauer der Tiere $\bar{t}_{md}$ und Melkstandgröße. Zusätzlich konnten Zusammenhänge mit der Aufstallungsgruppenanzahl n_{gz} festgestellt werden.

$$t_{wz,AT} = f\left(n_{mp}, \bar{t}_{vorb}, \bar{t}_{md}, n_{melk}, n_{gz}\right)$$

Fischgräten- (Gruppen-) melkstand

Eine Unterteilung der Gruppenmelkstände in Fischgräten-, Side by Side- und Durchtreibemelkstand ist bei der Dimensionierung nicht notwendig, da die konstruktiven Besonderheiten im wesentlichen unterschiedliche Gruppenwechselzeiten $\bar{t}_{kw,FGM}$ verursachen. Auf Parameter wie die Eutervorbereitungszeit der Melkgruppe $\bar{t}_{vorb}$ und notwendige Melkdauer $t_{mdw,FGM}$ haben sie keinen Einfluß. Damit kann die Gesamtmelkzeit in Abhängigkeit der Tier- n_{tier} und Melkplatzanzahl n_{mp} wie folgt ermittelt werden.

$$t_{mz,FGM} = t_{F,FGM} + \left(\bar{t}_{kw,FGM} + \bar{t}_{vorb} + t_{mdw,FGM}\right)\frac{n_{tier}}{n_{mp}}$$

Die Bestimmung des Parameters Melkdauer erfordert die Quantifizierung des Summenprozentwertes $p_{spw,FGM}$. Aus den Untersuchungen geht eine lineare Abhängigkeit vom Melkdauermittelwert $\bar{t}_{md}$ hervor, wobei der Summenprozentwert gleichzeitig mit zunehmender Melkplatzanzahl ansteigt.

$$p_{spw,FGM} = f\left(\bar{t}_{md}, n_{mp}\right)$$

Karussellmelkstand

Für Karussellmelkstände haben sich der Melkdauer- $t_{mdw,MK}$ bzw. Summenprozentwert sowie die durchschnittliche Haltezeit des Karussells (bedingt durch Schwermelker) $\bar{t}_{hz}$ als zu analysierende Faktoren herauskristallisiert. Sie gehen aus der Grundgleichung für die Berechnung der Gesamtmelkzeit $t_{mz,MK}$ hervor.

$$t_{mz,MK} = (t_{uz} + \bar{t}_{hz}) n_{runden} = \left(\frac{\bar{t}_{ez} + \bar{t}_{vorb} + t_{mdw,MK} + \bar{t}_{nach}}{n_{mpn}} n_{mp} + \bar{t}_{hz} \right) \left(\frac{n_{tier}}{n_{mp}} + 1 \right)$$

Die Umlaufzeit t_{uz} wird aus den Arbeitszeiten am Tier (Eutervorbereitung $\bar{t}_{vorb}$ und Nacharbeit $\bar{t}_{nach}$), der Eintrittszeit $\bar{t}_{ez}$, dem karussellspezifischen Melkdauerwert und der Anzahl an vorhandenen (n_{mp}) und für den Milchentzug nutzbaren (n_{mpn}) Melkplätzen gebildet.

In Auswertung der Simulationsergebnisse wird ein Einfluß der Melkkarussellgröße auf den Summenprozentwert $p_{spw,MK}$ nachgewiesen. Mit einer Erhöhung der nutzbaren Melkplätze steigt dieser degressiv an.

$$p_{spw,MK} = f(n_{mpn})$$

Bei der Haltezeit besteht eine Wechselwirkung zwischen Melkstandgröße und dem Anteil an Tieren, die am Ausgang des Karussells die Milchhergabe noch nicht beendet haben (Schwermelker).

$$\bar{t}_{hz} = f(\text{Schwermelker}, n_{mpn})$$

Beispiel

Als konkretes praktisches Beispiel zur Anwendbarkeit der ermittelten Berechnungsgrundlagen dient eine Anlage mit einer durchschnittlichen Jahresleistung je Tier von 6600 kg. Das durchschnittliche Minutengemelk (DMG) beträgt 1,53 kg/min. Messungen der Melkdauer ergaben einen mittleren Wert von 7,07 Minuten bei einer Standardabweichung von 2,35 min und eine maximale Melkdauer von 18,3 min. Gemolken werden die Tiere in einem Fischgrätenmelkstand mit 2 x 12 Melkplätzen und schnellem Austrieb.

Es wird eine Kuhwechselzeit von 0,26 min je Tier also etwa 3,1 min je Gruppe erreicht. Im Melkstand befinden sich zwei Melker. Die Eutervorbereitungszeit je Tier beträgt ca. 60 Sekunden. Stimulation, Nachmelken und Melkzeugabnahme sind automatisiert. Die 276 Tiere werden in einer Zeit von 240 min gemolken. Das entspricht einem Stundendurchsatz von 69 Tieren (Tab. 3).

Alle hier aufgeführten Daten wurden aus Zeitmessungen vor Ort gewonnen. Mit Hilfe der oben beschriebenen Berechnungsgrundlagen für Fischgrätenmelkstände (Abschn. 3.3) erfolgte anschließend die Analyse der Ursachen für diese sehr niedrige Melkstandleistung. Gleichzeitig konnten Möglichkeiten für deren Verbesserung - durch Verände-

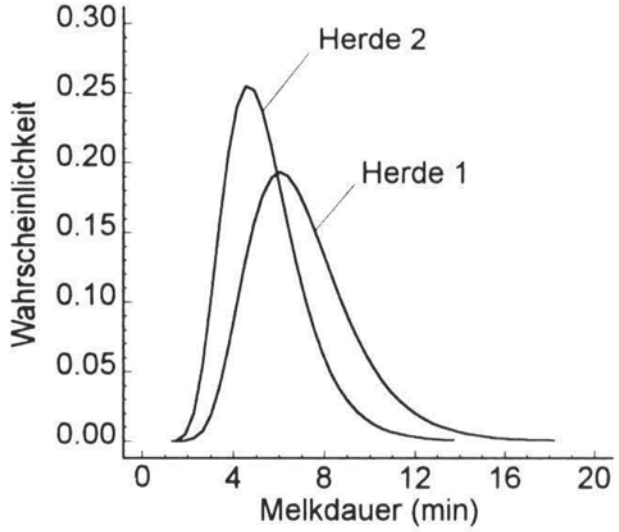
rung entscheidender Parameter im Rahmen des vorhandenen Automatisierungsgrades - aufgezeigt werden.
Bei einer Verkürzung der Eutervorbereitungszeit je Tier auf 30 Sekunden, die aufgrund der automatischen Stimulation genügen, ist eine Leistungssteigerung von 13 auf 82 Tiere/h erreichbar (Tab. 3). Die Melkzeit kann von 240 auf 203 Minuten gesenkt werden.
Durch die Verringerung der Kuhwechselzeit von 3,1 auf 1,8 Minuten, die durch den schnellen Austrieb auch praktisch bereits erreicht werden, ist nochmals eine Durchsatzerhöhung auf 89 Tiere je Stunde möglich (Tab 3). Die Melkzeit beträgt 187 min. Durch die Verbesserung dieser beiden Teilzeiten ist bereits eine Leistungssteigerung von 29 % erreichbar. Mit anderen Worten: es können bei den gegebenen Bedingungen täglich mehr als 100 Minuten Melkzeit eingespart werden.
Eine weitere Möglichkeit die Leistung des Melkstandes zu steigern, ist die Zusammenstellung der Kühe mit den längsten Melkzeiten in eine separate Gruppe von 24 Tieren (etwa 10 % des Bestandes) unabhängig vom Laktationsstadium. Die Schwermelker werden als erste Gruppe gemolken. Auf diese Art und Weise kann die Standardabweichung innerhalb der beiden so entstehenden Teilgruppen reduziert werden (Tab. 2) und hat damit Auswirkungen auf die Gesamtmelkzeit. Diese beträgt nun 169 Minuten (Tab. 3) und verringert sich gegenüber der ungeteilten Herde um etwa 10 % (18 min).

Tab. 2: Auswirkungen der separaten Gruppierung von Schwermelkern auf die Melkdauerfunktion.

	gesamte Herde	Herde ohne Schwermelker	Schwermelker
Melkdauer (min)		Anzahl Tiere (kumulativ)	
2.0	0	0	
3.0	2	2	
4.0	15	15	
5.0	50	50	
6.0	101	101	
7.0	152	152	
8.0	195	195	
9.0	226	226	
10.0	246	246	
10.4	252	252	0
11.0	259		7
12.0	266		14
13.0	270		18
14.0	273		21
15.0	275		23
18.3	276		24
	$\bar{x}$ = 7.07 min s = 2.35 min	$\bar{x}$ = 6.58 min s = 1.76 min	$\bar{x}$ = 12.15 min s = 1.70 min

Das heißt, daß mit dem vorhandenen Personal und Tiermaterial durch eine optimale Auslastung des Melkstandes (Eutervorbereitung und Gruppenwechsel) und verfahrenstechnische Gestaltung des Melkprozesses (Gruppeneinteilung) Verbesserungen in

der Gesamtmelkzeit je Gemelk von 71 Minuten möglich sind. Im Beispiel entspricht dies für die 276 Tiere einer Durchsatzsteigerung auf 142 %.
Welche Differenzen bei einem Vergleich verschiedener Herden möglich sind, soll im folgenden beschrieben werden. In der untersuchten Milchviehanlage befinden sich überwiegend Tiere der Rasse "Schwarzbuntes Milchrind" (Herde 1) mit einem durchschnittlichen Minutengemelk von 1,53 kg/min. Unter der Annahme von Tieren mit einer höheren Milchabgabegeschwindigkeit und einem durchschnittlichen Minutengemelk der Herde von 2,00 kg/min (Herde 2) ergeben sich die in Abbildung 2 dargestellten Unterschiede in der Melkdauerfunktion.



Herde 1: DMG = 1.53 kg / min
$\bar{x}$ = 7.07 min
s = 2.35 min

Herde 2: DMG = 2.00 kg / min
$\bar{x}$ = 5.41 min
s = 1.77 min

Jahresleistung = 6600 kg/Kuh

Abb. 2: Vergleich von zwei Herden mit gleicher Jahresleistung aber unterschiedlichem durchschnittlichen Minutengemelk

Der Melkdauermittelwert für die Herde 2 beträgt 5,41 min, die Standardabweichung 1,77 min und die maximale Melkdauer hat einen Wert von 13,8 Minuten. Es ist zu beachten, daß beide Herden durch eine jährliche Milchleistung von 6600 kg/Kuh gekennzeichnet sind. Dennoch sind deutliche Unterschiede im Kurvenverlauf der Melkdauerfunktion zu erkennen. Die Herde 2 - mit demselben Melkstand gemolken - benötigt eine Gesamtmelkzeit von 155 min (Tab. 3). Das sind 32 Minuten weniger je Gemelk als bei der vorhandenen Herde (ohne Gruppeneinteilung). Das heißt, daß mit dem gegebenen Melkstand auch ein Durchsatz von 107 Tieren je Stunde möglich ist, wenn das Tiermaterial es zuläßt.

Tab. 3: Gegenüberstellung von Melkstandleistungen bei Veränderung einzelner Parameter

Parameterveränderungen	Durchsatz (Tiere/h)	Melkzeit (min)
Ausgangsbedingung	69	240
Eutervorbereitung von 60 auf 30 sek./Tier	82	203
Kuhwechsel von 3.1 auf 1.8 min/Gruppe	89	187
Gruppentrennung Herde - Schwermelker	98	169
Differenz	29	71
DMG von 1.53 auf 2.00 kg	107	155

Zusammenfassung

Mit den entwickelten Algorithmen zur Dimensionierung von Melkständen können sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Etwa 95 % aller berechneten Gesamtmelkzeiten sind maximal 5 Minuten vom Konfidenzintervall der Gesamtmelkzeit (Irrtumswahrscheinlichkeit = 0.05), welches aus den Simulationsversuchen hervorgegangen ist, entfernt. Das Beispiel zeigt, daß diese Berechnungsgrundlagen nicht nur für die Projektierung sondern gleichzeitig für Analysen vorhandener Anlagen eine sehr gute Hilfe darstellen. Ein weiterer wesentlicher Vorteil, der sich aus der direkten Berücksichtigung von Herdenkennwerten ergibt, ist die Möglichkeit einer für den Milchproduktionsbetrieb speziellen Melkstanddimensionierung.

Literatur

EBENDORFF, W. (1979). Grenzwerte des Durchsatzes und der Arbeitsproduktivität beim Melkkarussell mit 40 Buchten. - Tierzucht **33** (12): 543-545

Verfahren der Flüssigkonservierung und -verfütterung von Rüben an Milchkühe und Mastrinder

Jürgen Beck[1], Andreas Deininger[1], Thomas Jungbluth[1]
Meno Türk[2] und Günter Hörnig[2]

Einleitung: Die Futterrübe im Milchviehbetrieb

Der Einsatz von Beta-Rüben als Futtermittel in der Rindviehhaltung ist in den letzten Jahren stark rückläufig, die Anbaufläche in der BRD schrumpfte von einst 446 000 ha im Jahr 1960 auf mittlerweile nurmehr 26 600 ha (1994). Dieser Rückgang ist zurückzuführen auf den unzumutbar hohen Arbeitszeitbedarf, den die Frischverfütterung der Rüben und das herkömmliche Verfahren der Mietenlagerung erfordert; zudem sind in Mieten gelagerte Rüben nicht ganzjährig einsetzbar. Letzteres Manko besteht bei den beiden alternativen Einsatzformen der Mischsilierung mit anderen saftbindenden Futterstoffen und der chemischen Konservierung der Rüben nicht, jedoch konnten diese Verfahren keinen breiteren Eingang in die landwirtschaftliche Praxis finden.

Verfahrensübersicht zur Flüssigkonservierung von Rüben

Ein neuartiger Ansatz, der die oben erwähnten Probleme überwinden könnte, ist die Flüssigkonservierung von Hackfrüchten. In Abbildung 1 ist das Prinzip dieses Verfahrens dargestellt, welches sich in die Teilschritte Ernte, Reinigung, Entsteinung, Zermusung und Befüllen des Lagerbehälters gliedern läßt.

Nach der vollmechanisierten Ernte der Rüben mit den bekannten und bewährten Techniken müssen die gerodeten und geköpften Rüben - selbst bei günstigen Rodebedingungen - anschließend nochmals gereinigt werden. Die Sauberkeit der Rüben ist eine entscheidende Vorbedingung für den erfolgreichen Einsatz der Rübensilage in der Fütterung. Hohe Aschegehalte in der Silage erniedrigen den Energiegehalt der Silage und können zu Verdauungsstörungen und Depressionen der Futteraufnahme und

[1] Dr. J. Beck, Dipl.-Ing. agr. A. Deininger, Prof. Dr. T. Jungbluth, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik 440 VTP, Garbenstraße 9, 70593 Stuttgart
[2] Dr.-Ing. habil. M. Türk und Prof. Dr. sc. techn. G. Hörnig, Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

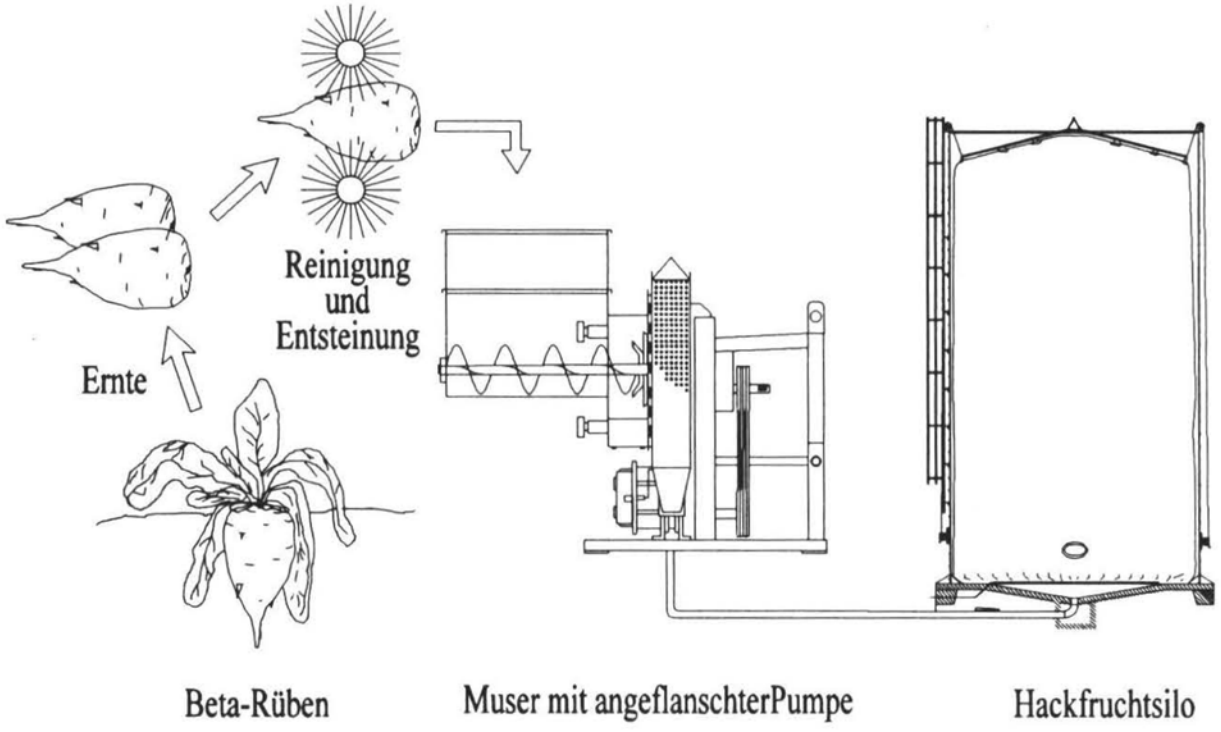


Abb. 1: Verfahrenskette der Hackfruchtsilierung

daraus folgernd auch der Leistungen der Tiere führen. Eine alleinige Trockenreinigung wird in den allermeisten Fällen keine befriedigende Lösung sein. Zufriedenstellende Aschegehalte werden sich oft erst durch eine Naßreinigung, etwa in Trommel- oder Quirlwäschern erreichen lassen. Eine noch bessere Reinigungswirkung wird bei der Kombination von vorgeschalteter Trocken- und nachfolgender Naßreinigung erreicht. Ist das Erntegut mit Steinen besetzt, muß sich eine Steintrennung anschließen, um Schäden an den nachfolgenden Verarbeitungseinheiten zu vermeiden.

Anschließend folgt der zentrale Verfahrensschritt, das Zermusen der Hackfrüchte. Hierbei werden die Rüben in einer speziellen Hackfruchtmühle von einer Einzugsschnecke erfaßt und durch zwei Lochsiebe gepreßt, wobei ein Hackfruchtbrei entsteht, der in seiner Konsistenz in etwa mit grobem Apfelmus vergleichbar ist. Dieser Brei, der zur Vermeidung von Schaumgärungen und Volumenausdehnungen des Silostocks nicht mit Luftsauerstoff in Kontakt kommen sollte, wird direkt von einer an den Muser angeflanschten Drehkolben- oder Exzenterschneckenpumpe durch eine Rohrleitung (Ø 125 mm) in ein luftdichtes Silo gepumpt. Hier vergärt er unter anaeroben Bedingungen innerhalb 8 bis 10 Tagen zu einer sehr lagerstabilen Silage mit einem pH-Wert kleiner 4. Dabei werden keinerlei Silierhilfsmittel zugesetzt, die Vergärung ist eine selbststartender biologischer Prozeß, in dessen Verlauf ein Großteil des Rübenzuckers in die Gärsäuren Essig- und Milchsäure umgewandelt wird. Eine alkoholi-

sche Gärung findet, wenn überhaupt, dann nur in sehr geringem Umfang statt (ERDELJAN, 1994).

Rheologische Eigenschaften und Lagerverhalten von flüssigen Rübensilagen

Bei der Auslegung von Fütterungsanlagen ist die Kenntnis der Fließeigenschaften der Rübensilage von fundamentaler Bedeutung. Zur Ermittlung der entsprechenden Kenngrößen wurde am Institut für Agrartechnik Bornim ein Förderversuchsstand aufgebaut. Das Förderverhalten flüssiger Rübensilagen in Pumpen und Rohrleitungen ist vor allem charakterisiert durch Wandgleiteffekte. Dieses Phänomen führt u. a. dazu, daß in glatten Plastikrohren höhere Druckverluste auftreten als in rauheren Stahlrohren. Mit Hilfe des in umfangreichen Förderversuchen gewonnenen Datenmaterials für verschiedene Rübensorten und Flüssigfuttermischungen wurde ein Softwareprogramm zur Berechnung der Druckverluste beim Rohrtransport entwickelt.

Das Lagerverhalten von Rübensilage wurde mit Hilfe von 3 m hohen Standzylindern mit einem Durchmesser von 200 mm modellmäßig untersucht. Unmittelbar nach der Einlagerung beginnt die Entmischung in eine Saftphase, die sich am Siloboden sammelt, und eine darauf schwimmende musartige Phase. Je niedriger der Trockensubstanzgehalt der gelagerten Rüben war, desto mehr Saft fiel an. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse bei der Lagerung von Gehaltsrübensilage. Es wurde versucht, den Rübensaft vorsichtig unten abzuziehen und oben wieder zuzuführen. Die Saftphase hat sich jedoch sofort wieder unten gesammelt. Eine mechanische Homogenisierung ist demnach wenig aussichtsreich. Durch Einsatz von Rüben mit höherem Trockensubstanzgehalt, u. U. auch Mischung verschiedener Sorten, oder Zusatz von Getreideschrot kann die Saft- und Schichtenbildung verringert werden.

Fütterungsverfahren und Leistungsfähigkeit in der Rinderfütterung

Milchkühe

Für den Einsatz von Gehaltsrübensilage bei Milchvieh kommen mehrere Fütterungstechniken in Betracht. Die einfachste Möglichkeit ist die Verfütterung mittels Futtermischwagen, hierbei wird die Rübensilage als eine Komponente in die Total-Mix-Ration eingemischt. Hierbei erhalten jedoch alle Tiere, unabhängig von ihrer tatsächlichen Milchleistung, die gleiche Rübenmusmenge, der Kraftfuttercharakter der Rübe

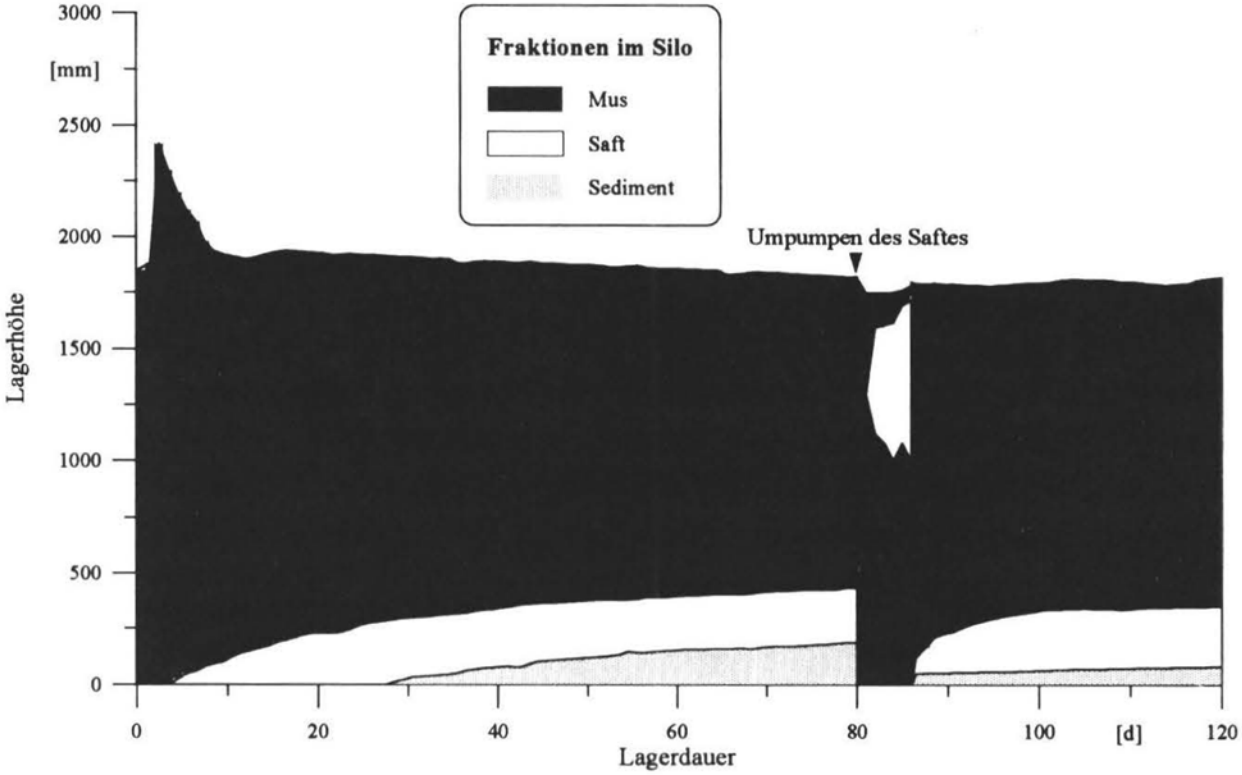


Abb. 2: Absetzverhalten von Gehaltsrübensilage in PVC-Zylindern (Untersuchungen durch TÜRK und HÖRNIG (1994))

wird ignoriert. Für die Vorlage der Silage an die Tiere in individuellen leistungsangepaßten Mengen wurde eine neue Verfahrenstechnik entwickelt. Dazu wurden herkömmliche Abrufstationen für Milchvieh dahingehend modifiziert, daß an ihnen flüssige Rübensilage ausdosiert werden kann. Das Prinzip einer solchen Anlage ist in Abbildung 3 dargestellt. Als Dosierorgan für die aus dem Silo entnommene Silage dient eine Exzenterschneckenpumpe, entsprechende Ventile regeln den Zufluß zu den einzelnen Stationen. Mittels einer selbstentwickelten Steuerungstechnik konnte eine sehr gute Dosiergenauigkeit der Anlage verwirklicht werden.

Mit diesen umgebauten Abrufstationen konnte dann auf dem Versuchsgut Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim ein Fütterungsversuch mit der dortigen Milchviehherde durchgeführt werden. In diesem Versuch, unterteilt in zwei vierwöchige Versuchsperioden, zwischen denen die Behandlungen der Gruppen gewechselt wurden, wurden der jeweiligen Kontrollgruppe herkömmliche Kraftfutterpellets als Leistungskraftfutter verabreicht, während bei der Versuchsgruppe Rübenmus zum Einsatz kam, ergänzt mit Sojaextraktionsschrot zum Proteinausgleich.

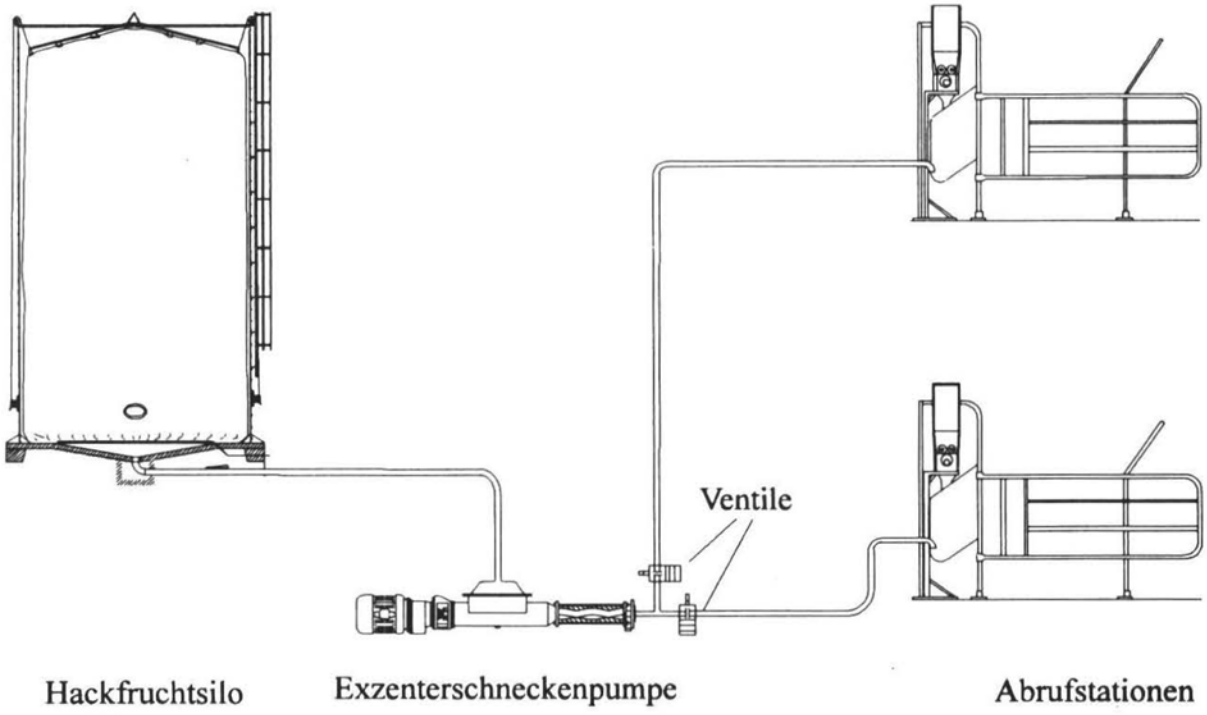


Abb. 3: Verabreichung von Hackfruchtmus an mehreren Abrufstationen

Die Grundfutterrationen für beide Gruppen waren identisch. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Parameter der tierischen Leistung. Mit einer mittleren täglichen Milchmenge von 20,2 Kilogramm war die Rübenmusgruppe, über den gesamten Versuchszeitraum betrachtet, der Kraftfuttergruppe (21,1 $kg \cdot d^{-1}$) unterlegen. Als Folge hiervon waren die mittleren täglich ermolkenen Fett- und Eiweißmengen der Versuchsgruppe ebenfalls signifikant erniedrigt, obwohl sich bei den mittleren Gehalten an Milchinhaltsstoffen allesamt keine Unterschiede zwischen den Behandlungen absichern ließen.

Tabelle 1: Ergebnisse des Versuchs zur Verfütterung von Rübensilage an Milchvieh

	Versuchsabschnitt 1		Versuchsabschnitt 2		Gesamt	
	Kraft-futter	Rüben silage	Kraft-futter	Rüben silage	Kraft-futter	Rüben silage
Milchmenge (kg/d)	21,9	20,5	20,0	19,6	21,1	20,2
Fettgehalt (%)	4,17	4,11	4,21	4,11	4,19	4,11
Eiweißgehalt (%)	3,46	3,44	3,55	3,58	3,50	3,50
Lactosegehalt (%)	4,82	4,76	4,77	4,77	4,80	4,76
Zellzahl (x 1000)	144	132	137	141	141	136
Harnstoffgehalt (mg/l)	135	123	111	123	123	123

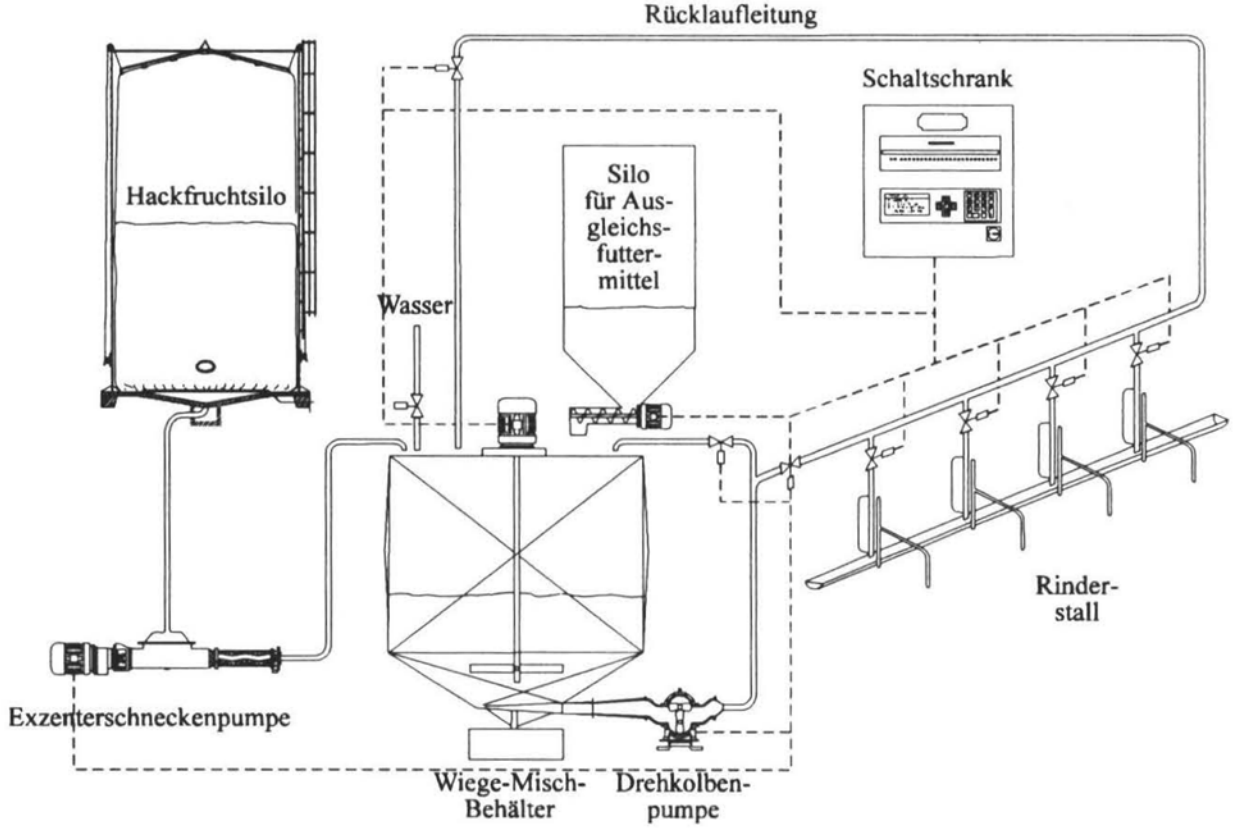


Abb. 4: Verfütterung von Hackfruchtsilage mittels Flüssigfütterungsanlage

Neben den tierischen Leistungen wurde noch das Verhalten der Tiere an den Abrufstationen registriert und ausgewertet. Im Mittel wurden die Stationen zwischen 20 und 35 mal pro Kuh und Tag aufgesucht, lediglich zwischen 9 und 15 dieser Besuche (35 bis 35 % aller Besuche) führten auch tatsächlich zur Abgabe von Futter. Die mittlere Abrufmenge pro Besuch betrug 0,43 kg Kraftfutter oder 1,82 kg Rübenmus, diese Differenz war bedingt durch den unterschiedlichen Trockensubstanzgehalt der beiden Futtermittel.

Mastrinder

In einem weiteren, ebenfalls auf dem Unteren Lindenhof durchgeführten Fütterungsversuch wurde der Einsatz von Rübensilage bei Mastfärsen untersucht. Während zweier Fütterungsperioden wurde die Versuchsgruppe mit einer Ration auf der Basis von siliertem Rübenmus gefüttert und die Kontrollgruppe erhielt eine konventionelle Silomais- bzw. eine Grassilage/Kraftfutter-Ration. Im ersten Versuch wurde die Rübensilage manuell vorgelegt, wogegen im zweiten Versuch eine einfache Flüssigfütterungsanlage zum Einsatz kam, deren Prinzip ist in Abb. 4 dargestellt ist. Die Do-

siergenauigkeit dieser Flüssigfütterungsanlage wurde ermittelt und deren Möglichkeiten und Einsatzgrenzen überprüft. An Leistungsparametern wurden die Auswirkungen auf die TS-Aufnahme und die täglichen Zunahmen der Versuchstiere untersucht. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Fütterungsversuche. Die im ersten Versuchsabschnitt bei der Rübengruppe erzielten besseren Leistungsergebnisse bei täglichen Zunahmen, Trockensubstanzaufnahme und Energieverwertung sind dabei auf den höheren Energiegehalt der bei der Rübengruppe eingesetzten Futterration zurückzuführen. In den weiteren Versuchen ergaben sich keine signifikanten Leistungsunterschiede mehr. Das insgesamt niedrige Leistungsniveau im Versuch II ist auf die während des Versuchszeitraums herrschenden hochsommerlichen Temperaturen und die daraus resultierende geringere Futteraufnahme zurückzuführen.

Tabelle 2: Ergebnisse des Fütterungsversuchs mit Rübensilage bei Mastrindern

	Versuch I Abschnitt a		Versuch I Abschnitt b		Versuch II	
	Kraftfutter	Rübensilage	Kraftfutter	Rübensilage	Kraftfutter	Rübensilage
Periodendauer (Tage)	35	35	35	35	28	28
Tiere pro Gruppe	6	6	6	5	5	6
LM Beginn (kg)	355,2±35,7	375,2±25,9	426,8±23,7	389,2±33,4	312,0±22,0	332,5±23,3
LM Ende (kg)	392,0±32,8	422,7±25,8	467,8±27,9	432,0±30,4	336,0±25,1	356,7±26,4
Gesamtzunahme (kg)	36,8±5,3[a]	47,5±7,3[b]	41,0±8,7	42,8±4,4	24,0±6,9	24,2±4,1
Zunahmen (g/d)	1052±153[a]	1357±210[b]	1171±248	1223±125	857±246	863±145
FS-Aufnahme (% der vorgelegten Ration)	86,7±2,4[a]	91,9±1,3[b]	88,2±3,4[a]	92,7±1,1[b]	-	-
TS-Aufnahme (kg TS pro Tier und Tag)	7,0±0,21[a]	7,9±0,12[b]	8,1±0,33	8,4±0,08	-	-
Energieaufnahme (MJ ME / Tier · Tag)	69,6±2,0[a]	80,3±1,2[b]	80,9±3,17[a]	86,2±1,0[b]	-	-
Energieverwertung MJ ME / kg Zunahme	67,1±8,3[a]	60,26±8,4[b]	71,3±12,7	71,2±7,1	91,82[1]	89,32[1]

[ab]: zwischen den entsprechenden Werten bestehen statistisch signifikante Mittelwertunterschiede (ε = 5 %)
[1]: Futterreste wurden nicht ermittelt, Berechnung aufgrund der kalkulierten Energieaufnahme

Verfahrensbewertung und Ausblick

Das Verfahren der Flüssigkonservierung wird sich in der Praxis nur dann durchsetzen, wenn die Rüben als Futtermittel ökonomisch mit anderen alternativen Futtermitteln konkurrieren können. Die Konkurrenzfähigkeit der Rübe wurde in einer Modellrechnung in Form einer Teilkostenrechnung durchkalkuliert, die Ergebnisse dieser Kalkulation sind in Tabelle 3 dargestellt. Als entscheidend erweist sich dabei die Tatsache, daß für den Anbau der alternativen Futterfrüchte Getreide und Mais im Rahmen der EU-Agrarreform Ausgleichszahlungen gewährt werden. Deren Höhe ist von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich, sie kann bis über 700 DM pro Hektar betragen.

Unter diesen ungünstigen agrarpolitischen Rahmenbedingungen können Rüben nicht mit Getreide oder Silomais konkurrieren. Die Perspektiven könnten sich jedoch deutlich verbessern, wenn auch in der Milchviehhaltung - z. B. infolge gesetzlicher Reglementierungen - nach Verfahrenslösungen für eine tierindividuelle nährstoffangepaßte Fütterung und nach Strategien zur Reduktion des Nährstoffimports in den Betrieb gesucht werden muß oder wenn, wie in Tabelle 3 bereits berechnet, die Ausgleichszahlungen der EU für den Anbau von Mais entfallen würden.

Tabelle 3: Variable Kosten und Arbeitszeitbedarf bei der Futtererzeugung von Rüben im Vergleich mit anderen Futterpflanzen

	Gehaltsrübe	Zuckerrübe	Wintergerste	Silomais
Naturalertrag (dt/ha)	800	550	70	440
Nettoenergieertrag (MJ/NEL/ha)	84100	96100	49500	83600
Ausgleichszahlungen (DM/ha)	-	-	600	600
Variable Kosten ohne Flächenbeihilfe	1891	1789	1076	1098
Variable Kosten incl. Flächenbeihilfe	1891	1789	476	498
DM/10 MJ NEL	0,22	0,19	0,10 (0,22[1])	0,06 (0,13[1])
DM/kStE	0,24	0,20	0,10 (0,22[1])	0,06 (0,14[1])
Arbeitszeitbedarf (Akh/ha)	24,7	23,5	11,5	14,9

[1]: diese Werte ergäben sich, falls die Ausgleichszahlungen wegfielen oder nicht gewährt würden

Literatur

ERDELJAN, H. (1994): Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Flüssigkonservierung von Beta-Rüben für die Schweinemast. - Dissertation Universität Hohenheim.

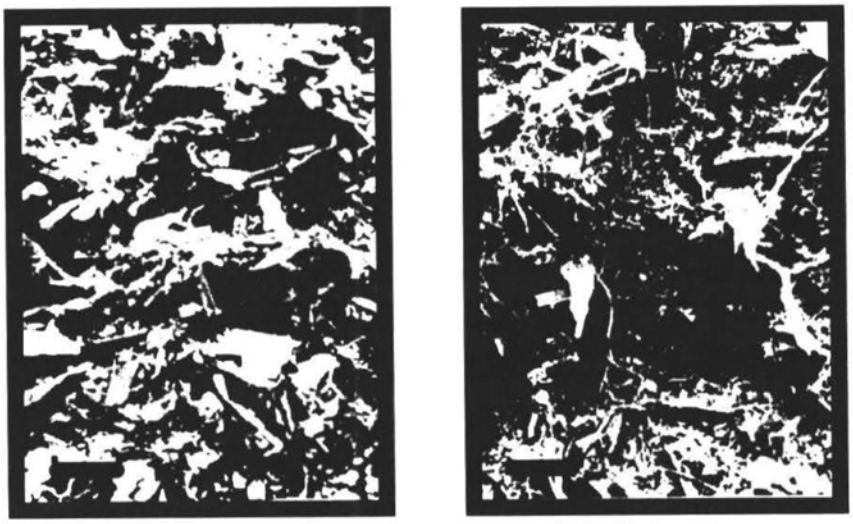
TÜRK, M., HÖRNIG, G., BECK, J. DEININGER, A. & T. JUNGBLUTH (1994): Rheology and flow characteristics of ensiled fodder and sugar beet mash. - International Conference on Agricultural Engineering, Milano, 29th August - 1st September, Report N. 94-G-065.

Faserspleißtechnik: Bringt sie die erwünschte Struktur in der Grundfutter- und Strohaufbereitung?

Nicolas Guth[1]

Beschreibung der Struktur

Bei der Normalmesserstruktur werden die Halme scheibchenweise abgeschnitten, so daß die Teilchen eine mehr sphärisch-kubische Form aufweisen. Bei der Spleißstruktur wird ein Reißschnitt vollzogen, der eine faserige Spleißung der Halme bewirkt (Abb. 1).



Normalmesserstruktur Spleißstruktur

Abb. 1: Aufsicht von der Normalmesser- und der Spleißstruktur am Beispiel von Maissilage in einem Silo. Die Länge des Balkens entspricht 1 cm.

Aufbereitungstechniken

Typischer Vertreter der Aufbereitungstechnik für die Normalmesserstruktur ist der **Trommelhäcksler**, an dem Messer parallel zur Welle an der Mantelfläche der Messertrommel angeordnet sind.

Zu den Spleißaufbereitern sind mehrere Systeme zu zählen. Bei den **Scheibenradhäckslern** sind die Messer wie Radspeichen radial in der Scheibenebene angebracht. Die Normalhäckseltrommel kann zur intensiveren Zerkleinerung mit einem Sieb mit variablem Lochdurchmesser, **Recutter** genannt, umschlossen werden (KROMER

[1] Dr. agr. N. Guth, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

1979). Siebausführungen gibt es für Körnermais mit Löchern und Schlitzen mit 9,5 mm Ø, bzw. Breite und für Halmfutter mit quadratischen Löchern solche bis zu 100 mm Seitenlänge. Beim **Schneckenhäcksler** dient als Schneid-, Einzugs- und Förderorgan eine entgegen der Fahrtrichtung rotierende Schnecke, die das Gut über Kopf fördert. Die beiden im Einzugsbereich angeordneten Schneckengänge sind mit Schneiden versehen. Das Häckselorgan besteht aus pendelnd aufgehängten Schlegeln (LÜCKE 1988). Für die Spleißstrukturaufbereitung von Stroh hat WIENEKE (1991) verschiedene Zusatzzerkleinerungselemente an Schlegelanbauhäckslern von Mähdreschern entwickelt. Dabei wurden gezahnte Schlegel, gezahnte Gegenschneiden, Bremsleisten, Reibböden und -stifte verwendet. Eine spleißende Struktur führt beim Grünfutter der Mattenaufbereiter (**Macerator**) aus, welcher die Grashalme zwischen gezahnten Walzen zerfasert und anschließend in einer mit hohen Drücken arbeitenden Band- oder Walzenpresse zu einer Matte geformt (HEEGE & LÜSSE 1988).

Effekte des Spleißens

a. Erhöhung der Halmoberfläche
b. Zerstörung der Röhrchenstruktur
c. Beschädigung der Halmgutoberfläche

1. Stroh: Höhere Umsetzung auf dem Feld und als Einstreu höhere Wasseraufnahme.
Durch die größere mikrobielle Aktivität und die höhere Feuchteaufnahme wird die organische Substanz beim Spleißstroh schneller abgebaut (WIENEKE 1991). Beim Spleißstroh wurden höhere Feldaufgänge festgestellt, die auf eine gleichmäßigere Tiefenablage und einen besseren Kontakt der Körner mit dem Boden zurückgeführt werden.

2. Grünfutter: Schnellere Trocknung.
Durch intensive Aufbereitung war der Trocknungsgrad von Gras nach einem sonnigen Tag mit etwa 68 % gegenüber 48 % um 20 % höher als bei normal geschnittenem Gras (SCHURIG 1990). Problematisch können dabei jedoch höhere Bröckelverluste bei der Ernteaufnahme wegen zu starker Zerkleinerung der Stengel sein.

3. Grundfutter
3.1 besserer Aufschluß in der Tierernährung.
HONG et al. (1988) haben bei Luzernestengeln eine wesentlich schnellere Umsetzung der verdaulichen Zellbestandteile festgestellt, wenn diese vorher intensiv gehäckselt worden waren. Nach 48-stündiger In-vivo-Inkubationszeit von Luzernestengeln hatte der potentiell verdauliche NDF-Gehalt bei Intensivhäckselung von 4,6 % auf 0,6 % abgenommen, während er bei der Kontrolle, also bei unbehandelten Stengeln, noch 3,5 % betrug. Demnach kann eine intensive mechanische Aufbereitung des Halmes zu einer wesentlichen Beschleunigung der Verdauungsgeschwindigkeit führen. Er erklärt dies mit der besseren Zugänglichkeit der zellulären Mikroorganismen zu dem Zellinne-

ren durch Aufbrechen der röhrchenartigen Struktur der Stengel und der Beschädigung der mit einer Wachsschicht versehenen Kutikula. Die Autoren HONG et al. (1988) weisen infolgedessen auf die Bedeutung eines Aufreißens der Kutikula stärker lignifizierter Futtermittel zusätzlich zum Exaktschnitt senkrecht zum Faserverlauf hin. Eine höhere Futteraufnahme dank der schnelleren Verdauung und Passagerate sowie eine Verbesserung der Tierleistung können gefolgert werden.

In diese Richtung bestätigende Ergebnisse wurden bei eigenen Untersuchungen mit normalmesser (N) - und vielmesseraufbereiteten (V) Maissilagen und Gerste-Ganzpflanzensilagen (GPS) an Milchkühen und Mastrindern festgestellt. Bei den Milchkühen wurden leicht verbesserte Milchleistungen und ein höherer Gewichtszuwachs bei einer signifikant um 1,1 kg Trockenmasse (T) /Tag höheren Futteraufnahme festgestellt. Begleitende Wiederkaumessungen vom Institut für Tierernährung der Universität Giessen sehen die Ursache in einem um 19 % niedrigeren Wiederkaubedarf (WEIGAND et al. 1993) der V-Ration. Der leicht erhöhte Fettgehalt spricht für einen ausreichenden Strukturwert der V-Silagen. Die Verdaulichkeit der Maissilagen war gleich und der GPS deutlich um 4,6 % (absolut) bei der V-Variante höher.

Tab. 1: Einfluß der Aufbereitungsstruktur auf Tierleistung in der Milchviehhaltung und der Rindermast

Nutzungsrichtung	Milchkühe	Mastrinder
Anzahl Tiere gesamt	26	177
Untersuchte Grundfuttermittel	Maissilage, GPS	Maissilage, GPS
Anteil aufbereiteten Futters (%)	79	60,4
T-Gehalt Maissilage, GPS (%)	37,0	36,7
T-Aufnahme (kg/Tier u. Tag)	15,8	8,3
	Vielmesser minus Normalmesser	
FCM-Milchmenge (kg/Tier u. Tag)	+0,34	
Fettgehalt (%)	+0,08	
Eiweißgehalt (%)	+0,03	
GF-Aufnahme (kg/Tier u. Tag)	+1,13 (+7,2 %)	
Gesamtfutteraufnahme (kg/Tier u. Tag), (%)	+1,06** [1]	-7,9 % [2]
Tägliche Zunahmen (g/Tag)	+163	-49 (-4,7 %)
Energieverzehr je kg Zuwachs, relativ (%)		-2,2
Verdaulichkeit Maissilage (%)	+0,9, n=12	
Verdaulichkeit GPS (%)	+4,6***, n=12	

[1] **, $p<0,01$; ***, $p<0,001$

[2] bezogen auf das Körpergewicht

In den Rindermastversuchen wurde eine um etwa 8 % erniedrigte Futteraufnahme und 5 % geringere Gewichtszunahmen gemessen und ein um 2 % günstigerer Futteraufwand je kg Zuwachs errechnet. Die Verdaulichkeit der Stärke war unverändert, so

daß auf eine um 11 % bessere Futterausnutzung des Restpflanzenanteils geschlossen werden kann.

3.2 Silagequalität: niedrigere Verluste und geringerer Lagerraumbedarf.
Die an einem Flachsilo mit betonierter Bodenplatte ohne Seitenwände gemessenen Oberflächenverluste betrugen bei der Normalmesser-Silage 8,7 %, bei der Vielmesserspleiß-Silage jedoch nur 2,3 %. Schätzungsmäßig ist eine etwa doppelt so hohe Verlustmenge bei der N-Silage gegenüber V-Silage zu veranschlagen.
Die Erklärung liegt in der um etwa 8 % höheren Dichtlagerung der Vielmesser-Silage, welche durch die Blockwiegung indirekt festgestellt wurde (Tab. 2). Der Lufteinschluß und -eintrag ist anscheinend durch die zerrissene Halmstruktur vermindert. Brockenartige, sphärischkubische Teilchen (Normalhäcksel) lassen größere Hohlräume im Silostock entstehen als sich besser ineinanderfügende faserige Teilchen. Allerdings konnten keine Unterschiede in der Gärsäurezusammensetzung der Normalmesser- und Vielmesser-Silagen festgestellt werden. Im Innern eines Futterstockes gibt es kaum Sauerstoffzutritt, so daß dort auch bei Maissilage mit schlechterer Struktur eine negative Veränderung der Gärung nicht stattfindet.

Die guten Verfestigungseigenschaften lassen sich bereits beim Festfahren mit einem Walzschlepper erkennen. Hier sind Parallelitäten zwischen der Vielmessersilage und der von SHINNERS et al. (1987) gemessenen schnelleren Kompression einer macerierten Luzernesilage erkennbar, welche durch die verwobenen nicht sperrigen Strukturen dieses Guts erklärt wurden. Die Schüttdichte des macerierten Guts war wesentlich höher als bei normal gehäckselter Luzerne. Dieser Sachverhalt kann sich durch eine bessere Auslastung der Transportwagen positiv auswirken.
Die Entnahme und der Transport der Vielmesser-Silage mittels Blockschneider war wegen der guten Gefügestabilität der Blöcke leichter möglich. Die Bröckelverluste waren um die Hälfte verringert (Tab. 3). Die Nacherwärmung am Silostock und in den Siloblöcken im Stall war im Gegensatz zur Normalmesser-Silage reduziert bzw. nicht vorhanden. Hierbei handelt es sich jedoch um qualitative Beobachtungen.

Es kann generell festgestellt werden, daß sich die Aufbereitungstypen Recuttersieb in einer Häckseltrommel, Macerierungsverfahren (Grasmattentrocknung) und Vielmessertrommel in Bezug auf Verdichtungsverhalten ähnlich verhalten. Die im Vergleich zu Normalmesserhäckselung höheren Lagerdichten betragen entsprechend 20 % (DERNEDDE & HONIG 1977), 9 % (SHINNERS et al. 1987) und 8 % (Tab. 2).

Tab. 2: Vergleich der Siloblockgewichte der N- und V- Variante als Maß für die Lagerdichte

Standort	N-Variante	V-Variante	V/N	± SE	Signif.
Betrieb I (kg)	689,0 ± 239,4/45	717,4 ± 248,2/44	104,1	243,8	
Betrieb II (kg)	523,9 ± 158,0/71	574,7 ± 143,0/57	109,7	151,5	+[1)]
Gesamt (kg)	588,0 ± 209,0/116	636,9 ± 207,4/101	108,3	208,1	+

[1)] +, $p<0,10$

Tab. 3: Anteil des Lockergutes an der in Form von Siloblöcken aus der Futtermiete entnommenen Silage (als Maß für die Formfestigkeit)

Standort	N-Silage	V-Silage	V/N
Betrieb I - 1. Jahr (%)	17,9	7,8	43,6
Betrieb I - 2. Jahr (%)	9,3	5,4	58,1

Diese Vorzüge der Spleißstruktur könnten sich besonders nutzbringend bei Maissilagefütterung im Sommer und generell bei der Silagebereitung in klimatisch wärmeren Gebieten wie z. B. in Entwicklungsländern auswirken. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Faserspleißstruktur in der gesamten Silageverfahrenskette problemloser und unempfindlicher auch unter ungünstigeren Bedingungen ist.

Leistungsbedarf

Eine wesentliche Erhöhung des Leistungsbedarfs gegenüber Normalschnitt bewirken schlagende Reißsysteme wie Recuttersiebeinsätze, Reibböden, das Vielmessersystem sowie die Strohspleißtechniken. Diesen Ergebnissen zufolge scheint ein spleißender Schnitt nur mit einem starken Leistungsbedarfsanstieg zu verbinden zu sein. Dem stehen jedoch scherenschnittausführende Reißsysteme wie Schnecken- und Scheibenradhäcksler und das Macerierungsverfahren mit einem geringen Leistungsbedarf und dennoch intensiver Aufbereitungswirkung entgegen.

Tab. 4: Häckselenergieverbrauch verschiedener Techniken

Häckselsystem	Mehrenergieverbrauch gegenüber Normalmessertrommel	Gutart	Quelle
Recuttersiebe	+ 15 - 250 % (100 - 23 mm Siebloch)	Luzerne, Maisstroh	MARTINOV & TESIC (1988), KROMER (1979);
Reibboden	+ 75 %	Stroh	KROMER (1979)
Vielmessertrommel	+ 64 %	Mais	eigene Untersuchungen
Strohspleißhäcksler	+ 48 - 99 %	Stroh	WIENEKE (1991)
Scheibenradhäcksler	+/- 0 %		
Schneckenhäcksler	+/- 0 %	Mais	LÜCKE (1988)
Macerator	+ 10 % (gegenüber Einfachschnitt)	Gras	Fa. Deutz-Fahr (mündliche Aussage)

Nach TUDEL & VERHUSA (1967) ist bei transversaler Spaltung, d. h. in Richtung der Stengelachse nur 21% der Energie des senkrecht zur Stengelachse verlaufenden Schnittes nötig. Der zur Halmrichtung schräge Schnitt ist energieaufwendiger als der senkrecht zur Halmachse verlaufende Schnitt. Insofern bestehen physikalisch-technische Ansätze, die Spleißstruktur mit weniger Energieaufwand bereitstellen zu können.

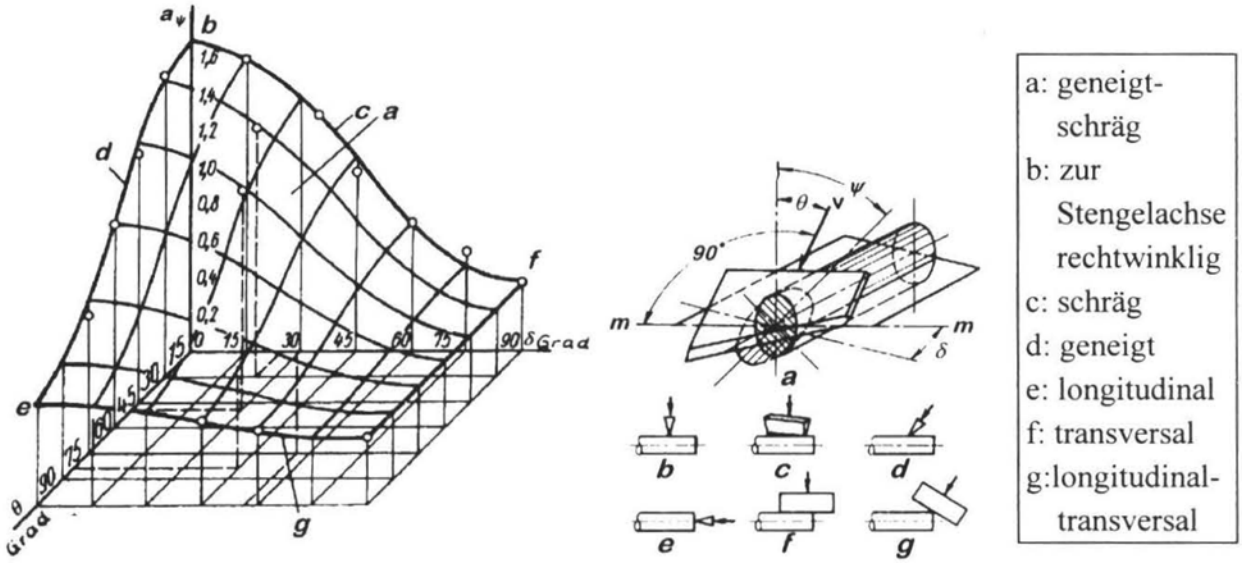


Abb. 2: Spezifische Arbeit (a_ψ) beim Schneiden von Maisstengeln (TUDEL & VERHUSA 1967).

Ökonomie

Der ökonomische Vergleich wurde auf Basis der vorhergehend aufgezeigten Untersuchungsergebnisse durchgeführt. Unter Berücksichtigung aller erlössteigernden und -mindernden Effekte bei Einsatz der Spleißtechnik in der Bullenmast ist mit einem Mehrerlös von 95 DM/ha Anbaufläche ohne Einbeziehung der Aufbereitungskosten zu rechnen. Die energieaufwendige Vielmesserhäckselung führt allerdings zu einer leicht negativen Rentabilität von 26 DM/ha.

Tab. 5: Kosten-Nutzen-Analyse bei Einsatz der Spleiß-Vielmessertrommel gegenüber Normalmessertrommel (in DM)

Verwertung in der Bullenmast	Vielmesser - Normalmesser
8,3 % geringerer Lagerraumbedarf bei Vielmesser	53,10
3,6 % niedrigere Konservierungsverluste bei Vielmesser	43,20
7,9 % niedrigerer GF-Verbrauch bei Vielmesser	110,50
4,7 % schlechtere Gewichtszunahmen	-111,80
Saldo ohne Häckseln	95,00
64 % höherer Häckselenergieaufwand bei Vielmesser	-121,60
Saldo mit Häckseln	-26,60

Messung der Halmfutterstruktur

Bei der Siebanalyse wird die Sieblochgröße von zwei benachbarten Sieben als Maßstab für die durchschnittliche Länge der Teilchen einer Siebfraktion herangezogen. Die durchschnittliche Länge der Teilchen, welche ein Sieb passieren, liegt jedoch in der Regel darüber, weil stäbchenförmige Teilchen durch Senkrechtstellen auch durch

schmale Siebe fallen (GUTH & BOCKISCH 1992). Somit wird die tatsächliche durchschnittliche Teilchenlänge nicht korrekt gemessen. Des weiteren stimmen die Durchschnittswerte der Parameter in den Siebfraktionen von verschieden strukturierten Häckselvarianten nicht überein.

HOLDEN & KNIGHT (1985) behaupten, daß die Häcksellänge eine gute Beschreibung der Teilchenlänge ermöglicht, daß jedoch nicht alle Details aufgezeigt werden. Der Grad der physikalischen Beschädigung, des Spleißens und Zerschlagens könnte auch einen Einfluß auf die Abbaurate von Stroh auf dem Feld haben und fordern, daß eine Technik, die diese Parameter erfaßt, entwickelt werden sollte.
Hier bietet die Bildanalyse neue Möglichkeiten der Vermessung, da hier jedes Teilchen mit den realen Abmessungen erfaßt wird und andererseits mehrere physikalische Merkmale angegeben werden.

Resümee

In Tabelle 6 sind die Vor- und Nachteile der Spleißstruktur und die sich daraus ergebenden Folgen bzw. Nutzanwendungen zusammengefaßt.

Tab. 6: Einordnung der Spleißstruktur

Vorteile	Folgen / Nutzanwendungen
bei Grundfutter höhere Schüttdichte	höhere Transportkapazitäten
niedrigere Kompressibilität	schnellere und einfachere Siloverdichtung
höhere Dichtlagerung	geringerer Lagerraumbedarf, bessere Silierung, geringere Verluste
geringere Nacherwärmung	Vorratsfütterung und Sommerfütterung von Maissilage vereinfacht
Verbesserung der Grundfutterleistung durch höhere Futteraufnahme bzw. Futterverdaulichkeit und -verwertung	bessere Leistungen, Reduzierung der Futterkosten, Futterwert von strukturreichem Futter besonders verbessert
bei Stroh schnelle Umsetzung auf dem Feld und gute Wasseraufnahme bei Einstreu	Nichtwendende Bodenbearbeitung erleichtert; Stroheinsparung im Stall
bei Gras hohe Verdunstungsrate	Silage- und Heubereitung schneller und witterungsunabhängiger
Nachteile	
hoher Leistungsbedarf beim Aufbereiten bzw. geringerer Durchsatz	Entwicklung energiegünstiger Schneidsysteme
schwierige Strukturmessung	Weiterentwicklung der Meßtechnik

In vielen landwirtschaftlichen Bereichen wäre eine sinnvolle Verwendung dieser Struktur gegeben. Allerdings besteht noch Entwicklungsbedarf in der Konzipierung einer praxiseinsetzbaren, energiegünstigen Technik; mechanische Realisierungsmöglichkeiten wurden aufgezeigt. Die derzeitigen agrarpolitischen Rahmenbedingungen lassen jedoch nur einen geringen ökonomischen Spielraum bei der Grundfutteraufbereitung zu.

Literaturverzeichnis

DERNEDDE, W. & H. HONIG (1977): Auswirkungen der Häcksellänge auf das Silomaisverfahren. Landbauforschung Völkenrode **27**, 1, 60-66

GUTH, N. & F.-J. BOCKISCH (1992): Bewertung der Häckselstruktur. Landtechnik **47**, 5, 223-226

HEEGE, H.J. & T. LÜSSE (1988): Mattentrocknung von Grünlandfutter. Landtechnik **43**, 4, 172-174

HOLDEN, M.R. & A.C. KNIGHT (1985): The development of procedures for straw chop length classification. Aspects Appl. Biol. **10**, 1-11

HONG, B.J., G.A. BRODERICK, M.P. PANCIERA, R.G. KOEGEL & K.J. SHINNERS (1988): Effect of shredding alfalfa stems on fiber digestion determined by in vitro procedures and scanning electron microscopy. J. Dairy Sci. **71**, 6, 1537-1545

KROMER, K.-H. (1979): Möglichkeiten der Nachzerkleinerung bei Exaktfeldhäckslern. Grundl. Landtechnik **29**, 5, 166-175

LÜCKE, W. (1988): Neuartiger Schneckenfeldhäcksler mit Maiskornaufbereitung. Landtechnik **43**, 4, 175-177

MARTINOV, M.L. & M.L. TESIC (1989): Maize straw chopping with cylinder-type cutting head. Agricultural engineering proceedings of the 11th international congress on agricultural engineering (CIGR), Dublin, Ireland, 4-8 September 1989 (edited by Dodd, VA; Grace, PM) 1981-1990, 89

SCHURIG, M. (1990): Heu an einem Tag - Noch Zukunftsmusik. DLG-Mitteilungen **105**, 8, 382-383

SHINNERS, K.J., R.G. KOEGEL & R.J. STRAUB (1987): Consolidation and compaction characteristics of macerated alfalfa used for silage production. ASAE, X.Y. 87-1074

TUDEL, N.V. & V.M. VERHUSA (1967): Untersuchungen des Energieaufwandes beim Schneiden dickstengliger Pflanzen. Landtechnische Forschung **17**, 4, 110-114

WEIGAND, E., U. MEYER & N. GUTH (1993): Intake, chewing activity and carbohydrate digestibility by lactatating dairy cows fed maize silage with a different physical structure. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. **69**, 120-132

WIENEKE, F. (1991): Strohzerkleinerung. Landtechnik **46**, 6, 262-264

Alternativen zum Vollspaltenboden
Umbaumöglichkeiten vorhandener Rindermastställe

Richard Hilty[1]

Der überwiegende Teil der Mastrinder wird in der Schweiz in Ställen mit Vollspaltenböden gehalten. Bis vor kurzem war diese Haltungsform unbestritten, handelt es sich dabei doch um ein arbeitsrationelles Aufstallungssystem, das ein optimales Kosten-Nutzen-Verhältnis ermöglicht. Die Haltung auf Vollspaltenboden entspricht auch dem geltenden Tierschutzgesetz.

In letzter Zeit bekommt der Aspekt einer artgerechten Nutztierhaltung jedoch eine immer größere Bedeutung. Die Konsumenten interessiert neben dem Preis der Nahrungsmittel vermehrt auch deren Produktionsart. Die Landwirtschaft soll nicht nur preisgünstig, sondern vor allem auch umwelt- und tiergerecht produzieren. Dieser Trend führte dazu, daß besonders tiergerechte Haltungsformen durch Bundesbeiträge unterstützt werden und solche Produkte oft auch einen höheren Marktpreis erzielen. Da der Vollspaltenbodenstall den Tieren relativ wenig Bewegungsfreiheit bietet - zumindest bei den Minimalabmessungen nach Tierschutzgesetz - und der Spaltenrost auch keine optimale Liegefläche darstellt, wurde dieses Stallsystem von solchen Beiträgen ausgenommen.

Die Hauptanforderungen an Stallsysteme für eine tiergerechte Rindviehmast sind:

- eine weiche verformbare Liegefläche und
- mehr Bewegungsmöglichkeit für die Tiere, mit Vorteil auch im Freien.

Neue Mastställe werden deshalb meist als Zwei- oder Dreiraumlaufstall mit eingestreuter Liegefläche gebaut. Da Neubauten aber eher die Ausnahme bilden, wünscht die Praxis auch Lösungen für bestehende Vollspaltenbodenställe.

Das Ziel des Projektes ist es, funktionsfähige Anpassungsmöglichkeiten aufzuzeigen, die Bau und Betriebskosten zu ermitteln und Veränderungen bezüglich Mastleistung und Tiergesundheit zu erheben.

[1] dipl. Architekt R. Hilty, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon, Schweiz

Umbaumöglichkeiten im vorhandenen Stall

Alternative Haltungsformen benötigten, durch die Trennung von Liege- und Fressbereich, wesentlich mehr Fläche. Die engen Platzverhältnisse vorhandener Vollspaltenställe lassen keine befriedigende Lösung zu (Abb. 1). Der Tierbestand müsste um rund die Hälfte reduziert werden. Bei Ställen mit hinterem Treibgang ist die Situtation etwas besser, doch ist auch hier keine vernünftige Aufstallung möglich. Zusätzlich gibt das Einstreuen und Ausmisten solcher Liegeflächen Probleme. Diese Arbeiten sind schwierig zu mechanisieren oder sehr arbeitsaufwendig. Lösungen müssen daher in einer Erweiterung der bestehenden Gebäude gesucht werden. Dies gibt bei zahlreichen Gebäude- und Terrainverhältnissen Schwierigkeiten und solche Lösungen sind nicht immer möglich.

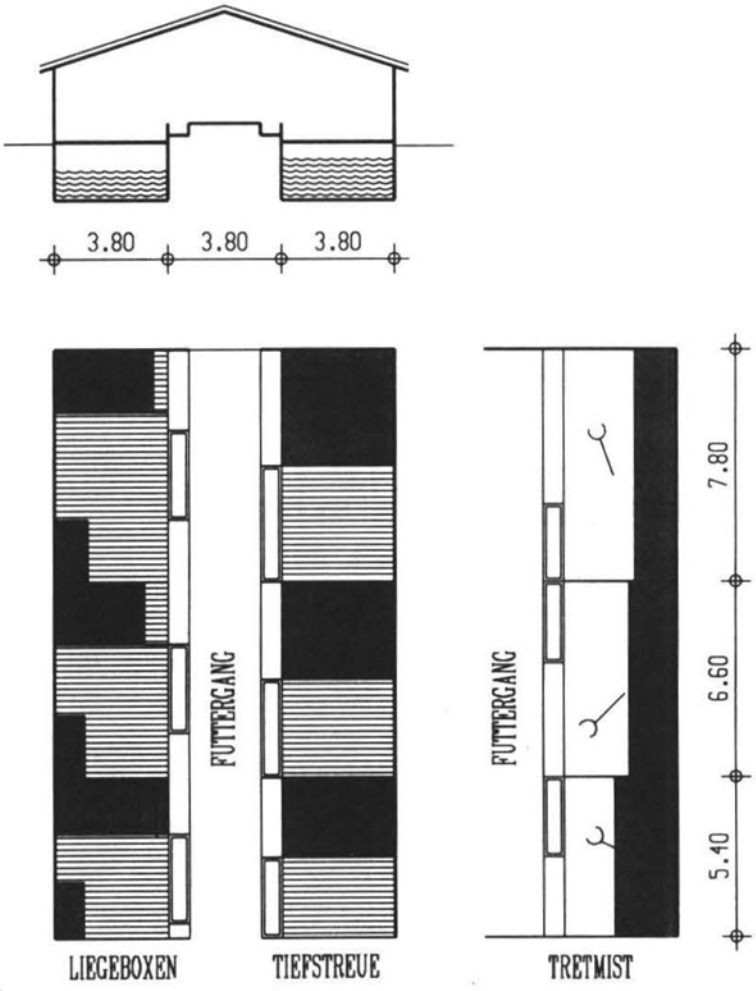


Abb. 1: Umstellmöglichkeiten im vorhandenen Stallgebäude. Die engen Platzverhältnisse ergeben keine befriedigende Lösung. Statt zwölf Tiere haben nur noch vier bis sechs Tiere pro Bucht Platz.

Erweiterung mit einem Auslauf

Ein zusätzlicher Auslauf bietet den Tieren zwar mehr Bewegungsfreiheit und Aufenthalt im Freien, kann aber die Forderung nach einer eingestreuten Liegefläche nicht erfüllen (Abb. 2). Zudem liegen die Tiere zum Teil im Auslauf ab, wodurch sie stark verschmutzen. Wie ein Versuch zeigte, bewährt sich Schnitzeleinstreu nicht, da bei Regenwetter ein Sumpf entsteht. Die Fläche des Auslaufs entspricht etwa der doppelten Grösse des Spaltenbodens.

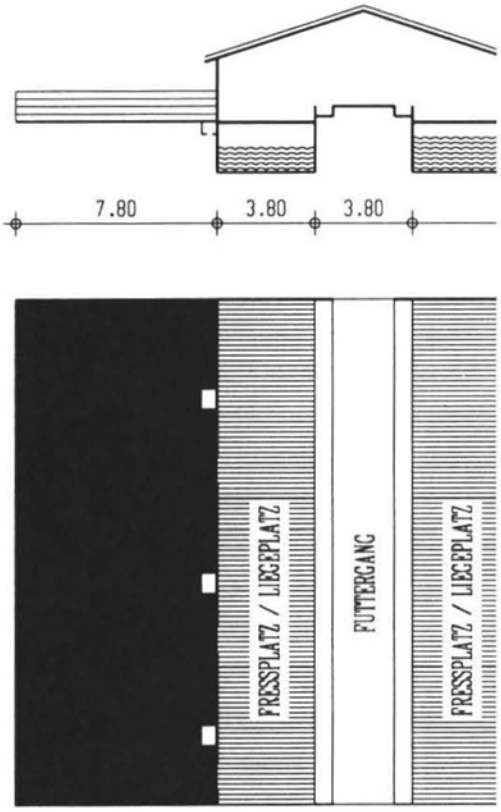


Abb. 2: Erweiterung des Stallraumes mit einem permanent zugänglichen Auslauf. Der Auslauf muss je nach Witterung zirka alle ein bis drei Tage entmistet werden.

Auslauf mit Liegehütte

Mit einer einfachen Teilüberdachung des Auslaufs kann den Tieren eine eingestreute Liegefläche zur Verfügung gestellt werden (Abb. 3). Dieser Bereich wird als Tiefstreue- oder Tretmistfläche ausgebildet. Auf einem Versuchsbetrieb mit einer solchen Baulösung wird Strohhäcksel mittels Gebläse in den Einstreubereich gebracht und der

Auslauf mit Schieber entmistet. Damit kann der Strohverbrauch und auch der Arbeitsaufwand reduziert werden. Zudem müssen die Buchten nicht betreten werden.
Unter Umständen wären auch Liegeboxen denkbar, um den Strohverbrauch zu senken. Solche Lösungen benötigen aber noch mehr Fläche und Erfahrungen über die Praxistauglichkeit fehlen speziell bei der Bullenmast noch.
Erste Beobachtungen zeigen, dass sich die Tiere praktisch nur noch zum Fressen im Stall aufhalten. Als Liegefläche wird fast ausschliesslich der eingestreute Bereich genutzt und zwar bei jedem Wetter, also auch wenn es gefriert und windet. Mit einer Ueberdachung wird zudem die Wassermenge, die in die Güllengrube geleitet werden muss, reduziert.

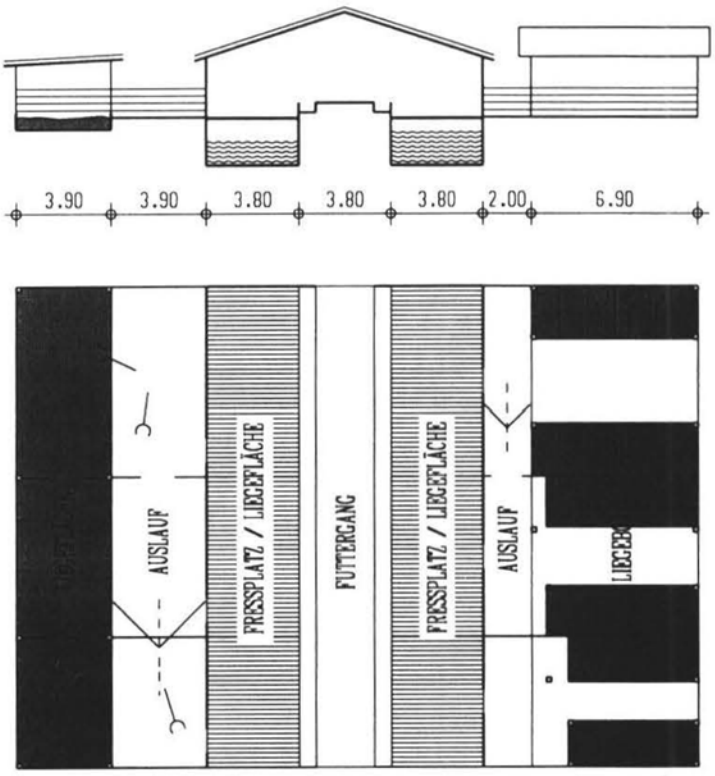


Abb. 3: Liegehütte mit Einstreubuchten oder Einzelliegeboxen, kombiniert mit einem Auslauf.

Anbau einer Liegehütte

Neben einem Auslauf ist auch nur eine angebaute, eingestreute Liegefläche mit Tiefstreue oder Tretmist möglich (Abb. 4). Bei solchen Lösungen ergibt die Verbindung des Anbaus mit dem bestehenden Stall zum Teil grössere Bauprobleme. Die Forderung nach Auslauf im Freien ist hier etwas schwieriger zu realisieren.

Bei all diesen Varianten wird sich - durch das Oeffnen des Stalls und die geringe Tierbelegung auf dem Spaltenbereich - die Temperatur im Stall dem Aussenklima angleichen. Geeignete Massnahmen müssen verhindern, dass Frostschäden an Tränkeeinrichtungen und Wasserzuleitungen entstehen. Die Selbstreinigung des Spaltenbereichs ist, wie erste Erfahrungen zeigen, trotz geringer Belegung noch genügend.

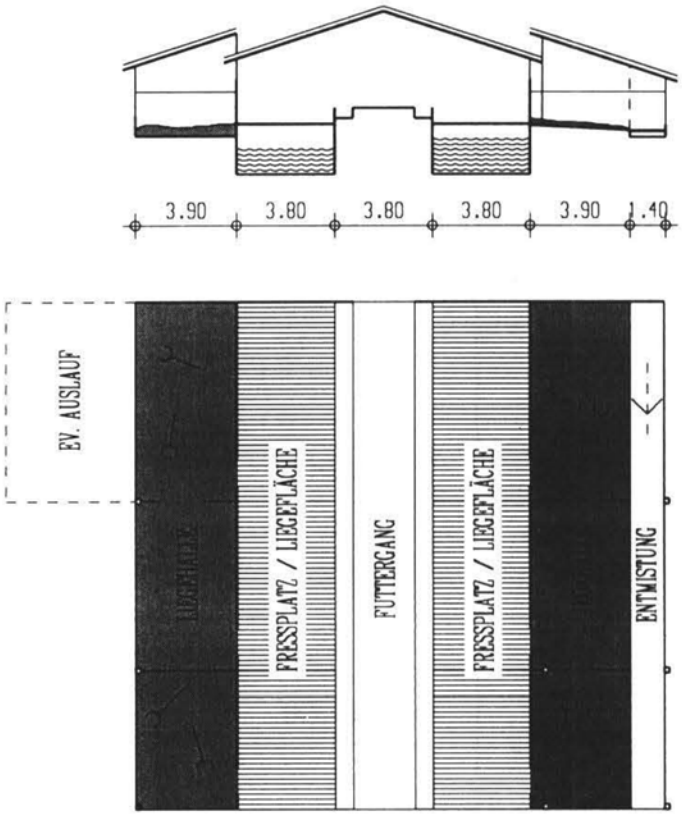


Abb. 4: Anbau eines eingestreuten Liegebereichs direkt an das bestehende Stallgebäude. Je nach Art der vorhandenen Konstruktion ist der Übergang zum Anbau schwierig und kostspielig.

Bauinvestitionen

Die Bauinvestitionen für solche Anpassungen sind hoch (Abb. 5). Sie liegen je nach Konzept bei zirka 25 bis 40 Prozent einer Neubaulösung. Allfällig zusätzlich notwendiger Güllelagerraum (zirka 0.5 m^3/m^2 nicht überdachter Fläche) ist dabei ebenfalls zu berücksichtigen.

Für Neubauten ist bei alternativen Stallstystemen etwa mit gleich hohen Baukosten zu rechnen wie für Vollspaltenlösungen. Die Kosteneinsparungen, welche die einfacheren, unisolierten Gebäude bringen, werden durch den grösseren Platzbedarf wieder kompensiert.

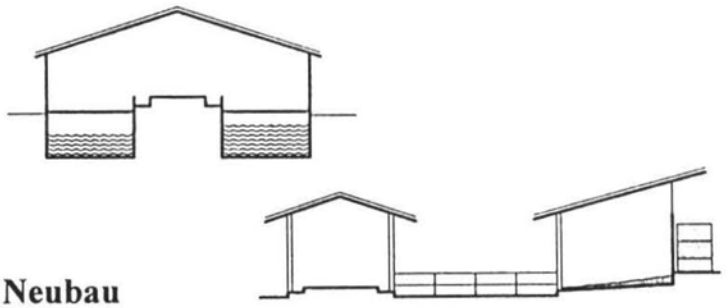
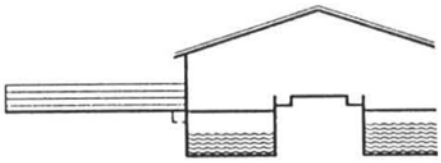
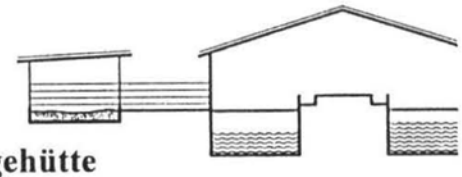
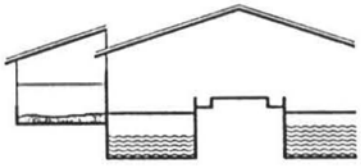
Stallbau	pro Mastplatz SFR	Prozent
 **Neubau**	**5'000** ohne Futter- und Hofdüngerlager	**100**
 **Auslauf**	**1'250**	**25**
 **Auslauf und Liegehütte**	**2'000**	**40**
 **Liegehalle**	**1'750**	**35**

Abb. 5: Notwendige Bauinvestitionen in Abhängigkeit der gewählten Baulösung

Wirtschaftlichkeit

Bezüglich Wirtschaftlichkeit alternativer Aufstallungen liegen noch wenig Vergleichszahlen vor. Eines steht aber heute schon fest: Alternative Aufstallungen schneiden vor allem wegen höherem Arbeitsaufwand und wegen den Kosten für Stroh schlechter ab als der Vollspaltenbodenstall (Abb. 6). Die jährlichen Baukosten sind, auf Grund der Bauinvestitionen, bei Neubauten etwa vergleichbar. Die Kosteneinsparungen, welche einfachere unisolierte Gebäude bringen, werden durch den grösseren Platzbedarf - mehr Liege- und Laufflächen, Strohlager sowie grösseres Hofdüngerlager mit Gülle und Mist - wieder kompensiert. Bei Anpassungen bestehender Vollspaltenbodenställe fallen dagegen erhebliche Baukosten an.

Bezüglich Mastleistungen zeigen die ersten Wägungen keine signifikanten Unterschiede. Beim Futterverzehr liegen noch keine Vergleichszahlen vor; tendenzmässig liegt er eher etwas höher. Die Tiergesundheit ist trotz, oder gerade wegen, viel frischer Luft eher besser. Der Tierarzt musste jedenfalls bis heute bei diesen Versuchen nicht einschreiten.

Der Strohverbrauch beträgt über die ganze Mastperiode zirka 2.5 kg/Tier und Tag. Beim Betrieb mit Häcksel konnte die Menge auf 1 bis 1.5kg/Tier und Tag reduziert werden, zum Teil etwas auf Kosten der Sauberkeit der Tiere. Der Arbeitsaufwand für Einstreuen und Ausmisten schwankt etwa zwischen 0.2 und 0.4 Min./Tier und Tag.

Faktoren	Vollspaltenboden	Alternativen
Bauinvestitionen - Neubauten (=) - Anpassungen (-)	+	—
Mastleistung - Futterverzehr - Tageszunahmen	=	=
Tiergesundheit - Tierarztkosten	=	=
Strohkosten - Verbrauch - Lagerung	+	—
Arbeitsaufwand - Fütterung (=) - Einstreuen/Entmisten	+	—
Produkt - Erlös (Label) - Direktzahlungen	—	+

+ positiv − negativ = gleichwertig

Abb. 6: Bei alternativen Haltungssystemen fällt vor allem der Mehraufwand für Arbeit und Stroh ins Gewicht.

Schlussfolgerungen

Uebers Ganze betrachtet ist die Produktion von Rindfleisch in alternativen Haltungsformen kostspieliger als auf dem Vollspaltenboden und zwar in der Grössenordnung von 15 bis 20 Prozent. Weitere Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes werden noch genauere Zahlen liefern. Die heute ausgerichteten Direktzahlungen decken diese Mehrkosten nur teilweise. Anderseits ist zumindest ein Teil der Konsumenten bereit, für artgerechter produziertes Fleisch einen etwas höheren Preis zu zahlen. Wie weit die Kostendifferenz in Zukunft durch entsprechende Direktzahlungen oder durch einen höheren Markterlös ausgeglichen wird muss die Zukunft weisen.

Literatur

HILTY R. UND VITAL B. (1994): Alternativen zum Vollspaltenboden - Umbaumöglichkeiten vorhandener Rindermastställe. - FAT-Bericht 454, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.

Zur Mechanisierung des Einstreuens mit unterschiedlich aufbereitetem Stroh

Hans Sonnenberg[1], Peter Patschéwitz[1] und Dirk Hesse[2]

Problem und Zielsetzung

Die **Tierhaltung auf Einstreu** bzw. Festmist anstelle von Spaltenböden erfährt neuerliches Interesse. Dafür gibt es gute Gründe. Sie ist

- **artgerecht**
  - fördert die Tiergesundheit,
  - ist naturnah,
  - bietet weiche, trockene Liegeflächen,
  - dient als Klima-Regulativ und
  - Beschäftigungs-Material,
- **umweltfreundlich**
  - emittiert wenig Geruch,
  - kann Überdüngung verhindern
- **wirtschaftlich**
  - dient der Nutzung vorhandener Altbausubstanz, z. B. zu Extensivierungsmaßnahmen, u. a. gut erhaltener Ställe mit Köcher-Fundamenten (besonders in den neuen Bundesländern).

Gegenüber dem verbreiteten, arbeitswirtschaftlich vorteilhaften Flüssigmist-System gilt es jedoch, im Stall- und Hofbereich wie bei der Ausbringung noch einige Probleme zu lösen. Vorrangig muß der **Mechanisierungsgrad** an den der Gülle-Wirtschaft herangeführt werden. Arbeiten zum Einstreuen der Liegefläche richten sich auf die Ziele

- wenig Einstreu,
- wenig Handarbeit,
- wenig Staub,
- Tiergerechtheit,
- hohe Arbeitsqualität (gute Strohverteilung),
- geringer Energiebedarf,
- Funktionssicherheit und Zuverlässigkeit.

---

[1] Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. H. Sonnenberg, Ing. agr. (grad.) P. Patschéwitz, Institut für Betriebstechnik der FAL Braunschweig-Völkenrode, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

[2] Dr. D. Hesse, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL Braunschweig-Völkenrode

Hieraus leitet sich die Aufgabe ab, dem Landwirt entsprechende Geräte und Systeme sowie effektives Einstreugut (Stroh und andere organische Stoffe, auch zusätzliche Adsorbentien) an die Hand zu geben, die an vorhandene Ställe adaptiert sind und ihn möglichst weitgehend von Handarbeit entlasten.

Lösungsansätze

Ausgehend von Weizen-Stroh kann ein Aufschluß grundsätzlich physikalisch, chemisch oder auch biologisch erfolgen. Begonnen wird mit einer mechanischen Aufbereitung zur Vergrößerung des Adsorptionsvermögens (hier Wasseraufnahme und -haltevermögen) der Hypopthese folgend, das

- Adsorptionsquantum — ist chemisch vorgegeben durch die mögliche Molekülanlagerung (rheologischer Vorgang), der
- Aufnahme-Vorgang — ist eine Funktion der Strohart, der spezifischen Oberfläche/ Kapillarwirkung, des Druckes und der **Zeit**.
- Wichtig — sind dabei der Struktur-Erhalt sowie eine verbleibende **Haufwerks-Steifigkeit**, bzw. Elastizität für das Flüssigkeits-Haltevermögen auch unter der Trittbelastung des Tierfußes. Die
- Staub-Belastung — (aus Mineralien, Pilzsporen, pathogenen Keimen) hängt wesentlich ab von der Strohart und -feuchte, dem Aufschlußverfahren und -grad sowie von der Fördermethode.

Zur technischen Realisierung wird hauptsächlich von Stroh in Rundballen ausgegangen, die trotz zunehmenden Einsatzes von Großpacken- bzw. Quaderballen-Pressen noch die Vorrangstellung bei der Strohbergung einnehmen. Legt man das Bergeleistungs-Potential der in Deutschland im Einsatz befindlichen Pressen zugrunde, so könnten von den rund 7 Mio. ha Getreideanbaufläche (mit 30 Mio. t/a Stroh) theoretisch etwa 5 % Flächenanteil in Form von HD-Ballen, 70 % als Rundballen und 25 % als Großpacken unterschiedlicher Abmessungen abgeerntet werden. Wenn auch traditionell bedingt der tatsächliche Anteil an HD-Ballen größer sein und die Kapazität der Großpacken-Pressen nicht voll genutzt werden dürfte, stehen Rundballen doch noch im Mittelpunkt. Deshalb bietet der Markt auch die meisten **Auflöse-** und **Einstreugeräte** - wenn nicht für unterschiedliches Gut - für diesen Ballentyp an, SONNENBERG & LEHMANN (1994).

Untersuchungen

Für die **mechanische Zerkleinerung** gibt es, je nach Art der Energie-Einleitung, z. B. nach PLÖTNER et.al.(1991) eine Reihe von Prinzipien, u. a.

- **schneiden**, häckseln, schnitzeln,
- **reißen**, spleißen, brechen, aufdrillen,
- **mahlen**, aufreiben, schroten,
- **belasten**, quetschen,
- **prallen**, zerschlagen.

Technische Strohballen-Auflösegeräte wenden meist mehrere dieser Prinzipien in unterschiedlicher Kombination an, MATTHIAS (1992); ARP (1993). Landwirtschaftliche Standardmaschinen und speziell entwickelte Einstreu-Geräte verbinden den Strohaufschluß vielfach mit dem **Einstreuen**. Die systematischen Unterschiede des Vorgangs verdeutlicht eine einfache Matrix, Tabelle 1:

Tab. 1: Einbringen der Einstreu, horizontal und vertikal

Richtung	Einstreu-Vorgang		
	von Hand (+ Forke)	maschinell mechanisch	maschinell pneumatisch
→	ausrollen	Wurfband	Gebläse
↓	Abwurf ≠ Ballen oder Häcksel	Abwurf Häcksel aus Stall, von außen	Wurfparabel Häcksel auf große Flächen

Mehr als 30 Hersteller beliefern den Markt mit mechanisch (Förderband, Schnecke) und pneumatisch (Gebläse, Wurfgebläse) wirkenden Auflöse- und Einstreugeräten bzw. fest zu installierenden Abwurf-Einrichtungen. Interessante Lösungen zu der letztgenannten Gruppe sind z. B. ein **Tiefstreustall mit Ballen-Magazin** im Dachstuhl, dessen drei- bis viermonatigen Vorrat an Quaderballen man mit leichter Handarbeit herab fallen lassen kann, eine an deckenbefestigten Schienen laufende **Einstreumaschine** für Rundballen, die das abgefräste Einstreugut auf die darunter befindliche Liegefläche hinab rieseln läßt, sowie eine ebenso wirkende **Einstreu-Einrichtung**, die den Rundballen jedoch außerhalb des Stalles auflöst und das Streugut mittels einer oszillierenden Schubstange zum Abwurfbereich fördert und damit erheblich weniger

Staubbelastung hervorruft. Eine praxisorientierte Bewertung vorgenannter, unterschiedlicher **Einstreu-Techniken für Tretmistverfahren** gibt Tabelle 2.

Tab. 2: Einstreu-Techniken für Tretmistverfahren

Technik	Vorteile	Nachteile
Ausrollen auf Mistfläche von Hand	sehr wenig Staub keine zusätzlichen Kosten	viel Handarbeit Arbeitsqualität ? Unfallrisiko
Fallen lassen, Häcksel-Ballen, vertikal (von Zwischendecke), von Hand	wenig Staub Lager im Stall keine zusätzlichen Kosten	Handarbeit Zwischendecke erforderlich
Häckseln + Fallen lassen, vertikal, von der Decke	gute Strohverteilung	Staub nur auf einer Achse aufwendigere Dachkonstruktion
Häckseln + Einblasen, horizontal, von der Futter-Seite aus	gute Strohverteilung mobil einsetzbar	sehr viel Staub Zuggerät erforderlich
Auflösen + Einwerfen (Wurfband), horizontal, von der Rückseite aus	gute Strohverteilung wenig Staub mobil einsetzbar	zusätzlicher Gang oder angeschlepptes Dach erforderlich

Quelle: Stallmist 1994, FAT-Berichte

Eigene Untersuchungen über jeweils zehn Wochen Dauer wurden mit einem Rundballen auflösenden, selbstfahrenden Einstreu-Gerät (Dreher) in einem Rinderstall durchgeführt.

Ergebnisse aus dem Stalleinsatz

Ein mit 30 GV wachsende Rinder im Alter von 14 bis 18 Monaten belegter Tretmiststall, Abbildung 1, Besatzdichte 3 m^2/GV, wurde von der dem Futtertisch gegenüber liegenden Seite aus mit aufbereitetem Weizenstroh eingestreut. Das Auflösen geschah mit stumpfen, auf rotierenden Walzen befindlichen, trapezförmigen Stahl-Klingen. Die Einstreu-Technik entsprach "Auflösen + Einwerfen (Wurfband), horizontal, von der Rückseite aus" gemäß Tabelle 2. Die Misttiefe wurde an sechs auf der Liegefläche verteilten Meßpunkten registriert. Das Ergebnis zeigt Abbildung 2. Während der zehnwöchigen Versuchsdauer hielten sich die obere Liegematratzentiefe (Kurven 2, 4 und 6) bei gut 450 mm und die untere Misttiefe unter 400 mm. Die Funktion ist trotz leichten Anstiegs der Misttiefe voll befriedigend.