

Kompoststall für Mastschweine

Gesamturteil mehrheitlich positiv!

Robert Kaufmann, Christian Hartmann, Daniel Maurer und Martin Schlatter, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Diese Ausführungen beruhen hauptsächlich auf den Ergebnissen eines FAT-eigenen Versuches. Sie werden ergänzt durch Angaben aus der Literatur, wo es für die Gesamtbeurteilung notwendig ist. Beim Kompoststallsystem handelt es sich um eine neue Haltungsart für Mastschweine. Der überwiegende Teil des Tierbereichs besteht aus einem Tiefstreubett – meist Sägemehl –,

welches regelmässig umgearbeitet wird. Damit ein neues Tierhaltungssystem mit den herkömmlichen Verfahren konkurrieren kann, muss es betriebs- und arbeitswirtschaftlich ebenbürtig sein. Darüber hinaus soll es heute erhöhten Umwelt- und Tierschutzanforderungen genügen. Folgende Vorteile des Kompoststalles gegenüber den verbreiteten Haltungssystemen (Teil- und Vollspal-

tenboden) haben sich bestätigt: Vollständige Güllefreiheit, Massenreduktion im Tiefstreubett durch die Wasserverdunstung, Geruchsreduktion, Endprodukt mit hohem TS-Gehalt erleichtert den Transport, höheres Wohlbefinden der Tiere, geringere Ansprüche an das Winterstallklima wegen warmer Bodenverhältnisse. Das System eignet sich für die Umnutzung bestehender Gebäude.

Ein Hauptnachteil ist die ungenügende Stickstoffeffizienz. Während des Kompostierprozesses emittieren bedeutende Mengen an Stickstoff. Diese Verluste werden nicht kompensiert durch die gegenüber Güllesystemen geringeren Lager- und Ausbringverluste sowie das bescheidenere Ausschwemmrisiko. Eher unsicher ist die Funktion des Systems in Kombination mit Flüs-

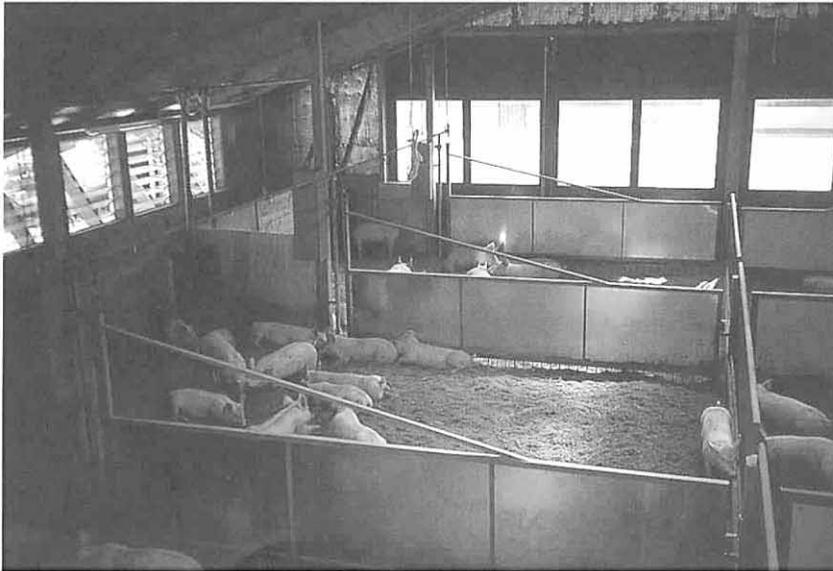


Abb. 1. Versuchs-Kompoststall der FAT. Im mittleren Bereich befinden sich die Sägemehlflächen, je zwei Buchten aneinanderstossend. Links sind die Festflächen mit Fütterungseinrichtungen und der Bedienungsgang sichtbar.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Konstruktionshinweise	3
Betrieb	6
Material- und Nährstoffflüsse	9
Auswirkungen auf das Tier	10
Arbeitswirtschaft	12
Wirtschaftlichkeit	12
Gesamtwertung	14
Literatur	15

sigfütterung, was die Verbreitung in der Praxis hemmen dürfte. Der Hitzestress im Sommer kann erfolgreich mit einem Duschensystem vermindert werden.

Ein weiteres Kernproblem des Systems konnte durch die konsequente Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik gelöst werden: Der Aufwand für die Umsetzung des Bettes. Pflegemassnahmen – dazu gehören das regelmässige Verteilen des stark mit Kot verschmutzten Materials über die ganze Tiefstreufäche – bezwecken, aerobe biologische Prozesse im Tiefstreubett aufrecht zu halten und zu fördern, im Sinne einer Flachbettkompostierung. Durch den Einbau praktischer mobiler Buchtentrennwände (Abb.1) und einen optimierten Bearbeitungszyklus konnte der Arbeitszeitaufwand deutlich verringert werden. Weiter konnten wichtige Grundlagen zum Materialeinsatz gewonnen werden: Sägemehl ist Stroh und Hackschnitzel überlegen; eine Betttiefe von rund 50 cm reicht aus; der Sägemehlverbrauch liegt zwischen 1 und 1,5 kg pro kg Zuwachs.

Unter Berücksichtigung aller Erkenntnisse wird ein Kompoststallsystem «FAT-Modul 200» für 200 Masttiere vorgeschlagen, mit nach Vor- und Ausmast differenzierten Buchtenflächen. Gemäss Verfahrenvergleich verursacht dieses Kompoststallsystem je nach Baulösung bis zu Fr. 28.– pro Mastplatz geringere Jahreskosten als das Referenzsystem Teilspaltenbodenstall.

Problemstellung

In grösseren Beständen werden Mastschweine heute noch überwiegend in mechanisch belüfteten Ställen auf Teil- oder Vollspaltenboden gehalten. Ab den siebziger Jahren lösten vor allem die Forderungen nach verbessertem Tiererschutz, die Berücksichtigung von Gewässerschutzanliegen und der Bedarf nach kostengünstigen Stallbauten die Entwicklung alternativer Haltungssysteme aus. Dazu gehören unter anderem der Offenfrontstall für Mastschweine (Jakob 1987) und der Kompoststall. Gemeinsame Grundidee ist es, mit einer Kombination von Tiefstreu und baulichen Elementen für das Tier ein geeignetes Mikroklima zu schaffen und ausreichend artgemässes Verhalten und Beschäftigung zu ermöglichen. Die Ansprüche an die Bauhülle sind gering (schwach isoliert mit natürlicher Belüftung), was Baukosten spart.

Die Gesamtbeurteilung solcher neuer Systeme hat auf technisch-wirtschaftlichen Grundlagen, Kenntnissen der Verfahrenstechnik und auf fundierten Daten in den Bereichen Ethologie und Ökologie zu beruhen. Für den Kompoststall waren vor allem bezüglich Verfahrenstechnik, Arbeitswirtschaft und Nährstoffflüssen noch wenig Daten greifbar.

Erste Zwischenergebnisse aus unseren Kompoststall-Versuchen wurden bereits im FAT-Bericht Nr. 450 publiziert (Kaufmann 1994).

Systembeschreibung

Im Grundkonzept besteht beim Kompoststall der Hauptaktivitätsbereich der Schweine aus einem Tiefstreubett, gebildet aus einem feinkörnigen Einstreumaterial, meist Sägemehl, seltener Strohhacksel. Je nach Bedarf kann diese Fläche mit zusätzlichen Festflächen und Ausläufen ergänzt sein. Regelmässige mechanische Pflegemassnahmen fördern aerobe Prozesse im organischen Material im Sinne einer Flachbettkompostierung (In-situ-Kompostierung) mit entsprechender

Energiefreisetzung bzw. Temperaturentwicklung. Die Energie für die mikrobiologischen Prozesse liefert zur Hauptsache der regelmässig zugeführte Kot und Harn. Das Sägemehl eignet sich als Einstreumaterial besonders aufgrund seiner speziellen physikalischen Eigenschaften (hohe Absorptionsfähigkeit, biologisch relativ schwer abbaubar).

Versuchsordnung

Hauptversuchsziel war die Verbesserung der Verfahrenstechnik, ausgerichtet auf die Reduktion von Arbeits-, Technik- und Materialaufwand. Untersucht wurden die Einflüsse von Einstreuart und -tiefe, Häufigkeit des Umsetzens und Art der verwendeten Maschinen auf die Prozesse. Im weiteren waren Erfahrungen zu sammeln mit dem Betrieb eines solchen Systems in einem schwach isolierten Gebäude mit natürlicher Luftführung, technisch-wirtschaftliche Grunddaten zu ermitteln und die Kenntnisse über die Umweltverträglichkeit und das Verhalten der Tiere zu verbessern.

Im Winter 1992 wurde an der FAT ein Versuchsstall für 160 Mastschweine erstellt, ein einfacher, schwach isolierter Baukörper mit Trauf-First-Lüftung. In anfänglich acht, später sechs Buchten zu 20 bzw. 17 Tieren waren Versuche im Praxismassstab möglich.

Die Untersuchungen dauerten dreieinhalb Jahre, unterteilt in vier Versuchsphasen. Während in den ersten drei Versuchsphasen Einzeleinflüsse, wie Gerätetyp, Einstreuart, Einstreutiefe und Buchtenform untersucht wurden, diente die vierte Versuchsphase im Wesentlichen der Überprüfung der technisch optimierten Buchten auf ihre Praxistauglichkeit, unter Anwendung von unterschiedlichen Umsetzintensitäten.

Konstruktionshinweise

Grundkonzept

Die gesamte Konstruktion – Buchtenstruktur, Flächenangebot, Gittergestaltung, Bauhülle – ist darauf auszurichten, den Unterhalt des Kompostbettes mit mechanischer Unterstützung durchzuführen. Die Tiere müssen während dieser Arbeiten in der Bucht so separiert werden können, dass für Umsetzarbeiten im Bett freier Platz besteht.

Die mechanische Bettbearbeitung soll ohne Spezialmaschinen erfolgen können, das heisst auf der Basis des Traktorzuges, zum Beispiel ausgerüstet mit Frontlader sowie üblichen Geräten der Bodenbearbeitung. Im weiteren soll die Bauhülle im Winter ohne künstliche Klimatisierung lediglich eine Minimaltemperatur um den Gefrierpunkt sicherstellen, da ja das Liegebett Wärme abgibt.

Das Grundkonzept geht von einem konsequent gillenlosen System aus, was bedingt, dass alle Bewegungsflächen vollständig im Gebäudeinnern anzuordnen sind. Aussenliegende Freilaufflächen sind aber grundsätzlich möglich und in der Praxis auch zu finden. Eigene Erfahrungen konnten wir mit unserer Versuchsanordnung nicht sammeln.

Buchtenstruktur

Die optimierte Bucht setzt sich zusammen aus einer quadratischen Sägemehlfläche – Seitenlänge entsprechend den Massen der schwenkbaren Tore – und einer an den Bedienungsgang angrenzenden Festfläche (Abb. 2). Die Festfläche dient nebst dem Aufenthalt der Tiere während der Bearbeitung als Standort für die Fütterungseinrichtung (zum Beispiel Breifutterautomaten) und – vor allem in der wärmeren Jahreszeit – als Liegefläche. Die Tiere haben folglich während der Dauer des Umsetzens Zugang zu Futter und Wasser. Hier wäre mit einer entsprechenden Flächenanpassung Platz für Liegehütten im Sinne des Nürtingersystems.

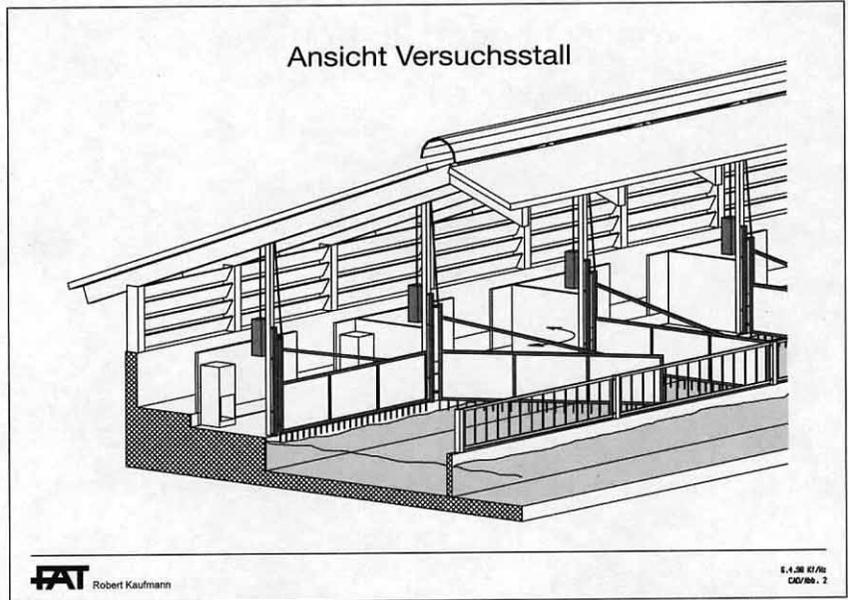


Abb. 2. Die optimale Bucht setzt sich zusammen aus einer quadratischen Sägemehlfläche – die Seitenlänge entspricht der Länge der schwenkbaren Buchtenabtrennungen – und einer an den Bedienungsgang angrenzenden Festfläche. Dort sind die Fütterungseinrichtungen angeordnet. Während des Umsetzens dienen sie den Tieren als Aufenthaltsort.

Flächenbedarf

Bei der Dimensionierung der Flächen sind folgende systembedingte Einschränkungen zu beachten: Die weiche Kompostfläche muss ausreichend dimensioniert sein, um eine zu starke Belastung mit Fäkalien zu vermeiden. Die Festfläche soll ausreichend Platz während des eingegengten Aufenthaltes beim Umsetzen, gleichzeitig aber nicht zuviel Platz gewähren (Minimierung des Arbeitsaufwandes für die Reinigung der Fläche). Die im folgenden aufgeführten Flächenempfehlungen sind Kompromisswerte, wie sie bei der Schweinemast infolge sich verändernder Flächenansprüche des wachsenden Tieres üblich sind.

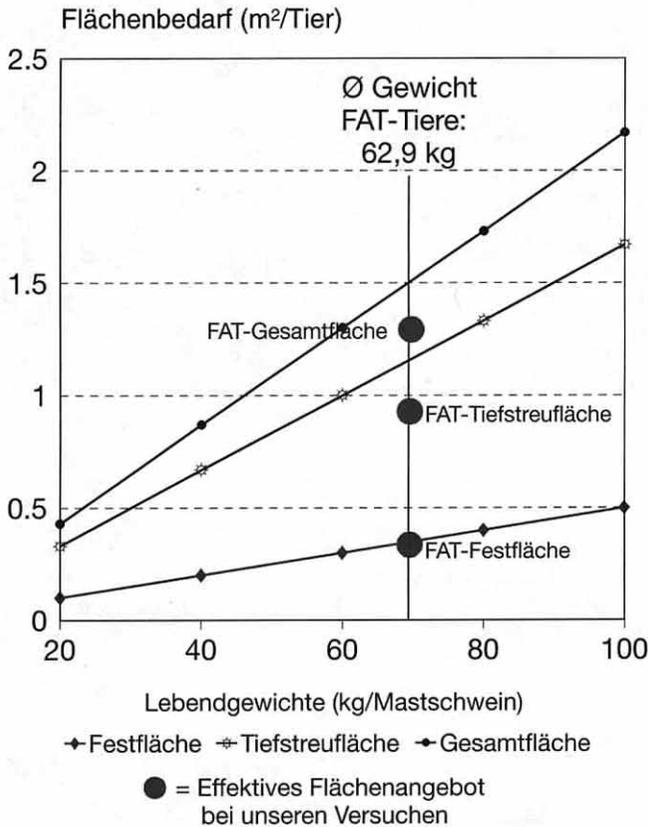
Festfläche: Die in unseren Untersuchungen gewählte Festfläche von $0,35 \text{ m}^2/\text{Tier}$ hat sich bewährt (Abb. 3). Sie wurde kaum verschmutzt, gewährte ausreichend Platz während des Umsetzens und wurde an warmen Tagen auch zum Liegen benutzt. Die Aufenthaltszeit während der Bettarbeiten liegt in Abhängigkeit von Bearbeitungsintensität, Bestandesgrösse und Routine des Betreibers bei mindestens einer halben Stunde pro Bearbeitungsgang. Deshalb soll man sich als

Rahmen für die Minimalflächenbestimmungen an den für Tiertransporte festgelegten Flächen orientieren, die eine maximale Besatzdichte von $200 \text{ kg Lebendgewicht/m}^2$ vorsehen.

Kompostfläche: Bei der Dimensionierung der Kompostfläche sind die natürlichen Limiten der biologischen Prozesse im Bett zu beachten. Im Mittel soll die Besatzdichte von $60 \text{ kg Lebendgewicht pro m}^2$ nicht überschritten werden (Abb. 3). Bei längerdauernden höheren Besatzdichten übersteigt der Flüssigkeitseintrag über Kot und vor allem Urin die Verdunstungsleistung der Mikrobiologie. Dadurch können die Prozesse nachhaltig gestört werden, verbunden mit einer Vernässung und verstärkter Verschmutzung des Bettes.

Besonders in der Schlussphase der Mast können kritische Belastungssituationen auftreten. Der Betriebsleiter kann mit einer Reduktion der Gruppengrösse eingreifen. Normalerweise reduziert sich ohnehin die Gruppengrösse gegen Mastende hin kontinuierlich durch Verkäufe.

Flächenbedarf im Kompoststall



FAT Robert Kaufmann

2.4.98 Kf/Rh
FAT98_1.prs

Abb. 3. Die Linien entsprechen dem theoretischen optimalen Flächenbedarf in Abhängigkeit des Lebendgewichts. Beim wachsenden Tier und fixen Buchten können diese Werte nur bedingt eingehalten werden. In unseren Versuchen hatten wir im Schnitt ein optimales Festflächenangebot, hingegen eine unterdimensionierte Tiefstreulfläche.

Schwenktore

Die beweglichen Buchtenunterteilungen sind Kernstück des Systems. Es gilt, die Tiere kurzfristig aus dem Arbeitsbereich der Umsetzmaschinen zu verlagern, ohne die Gruppenzusammensetzung zu verändern. Das Buchtenkonzept und die flexiblen Buchtenabtrennungen wurden deshalb während der Untersuchungen laufend weiterentwickelt.

Das in der vierten Versuchsphase verwendete System hat sich im praktischen Einsatz bewährt (Abb. 4). Gegengewichte erleichtern das Anheben

der Gitter, damit sie beim Abdrehen über das unebene Tiefstreubett geführt werden können.

Die flexiblen Abtrennungen zwischen den Buchten werden mit Vorteil als Wände ohne Durchblickmöglichkeiten gestaltet. Die besonders nach dem Einstellen durch die Gitterstäbe hindurch ausgeführten Rangkämpfe fallen damit weg, was zu einem allgemein ruhigeren Gesamtverhalten führt. Mit gezielt angebrachten Gitterpartien zu angrenzenden Buchten kann das Kotverhalten etwas gesteuert werden. Anzustreben ist, dass die Tiere gegen die Stallmitte hin abkoten, was die Gefahr der Verschmutzung der Festfläche reduziert. Zudem darf die Luftzirkulation über dem Bett nicht zu stark eingeschränkt sein, damit die feuchte Luft abgeführt werden kann.

Der Verriegelungsmechanismus der Tore sollte eine in der Höhe flexible Arretierung zulassen. Damit können Unebenheiten, die von der Aufarbeitung des Bettes zurückbleiben, ausgeglichen werden. Die unten als Abschluss angebrachten Bögen (Abb. 4) helfen, das Tor etwas in das weiche Bettmaterial einzusenken und damit ein Untergraben durch die Tiere zu vermeiden. Stachelförmige Abschlüsse von 18 cm Länge haben sich nicht bewährt. Die Tiere konnten sich daran verletzen, was zu Ausfällen führte.

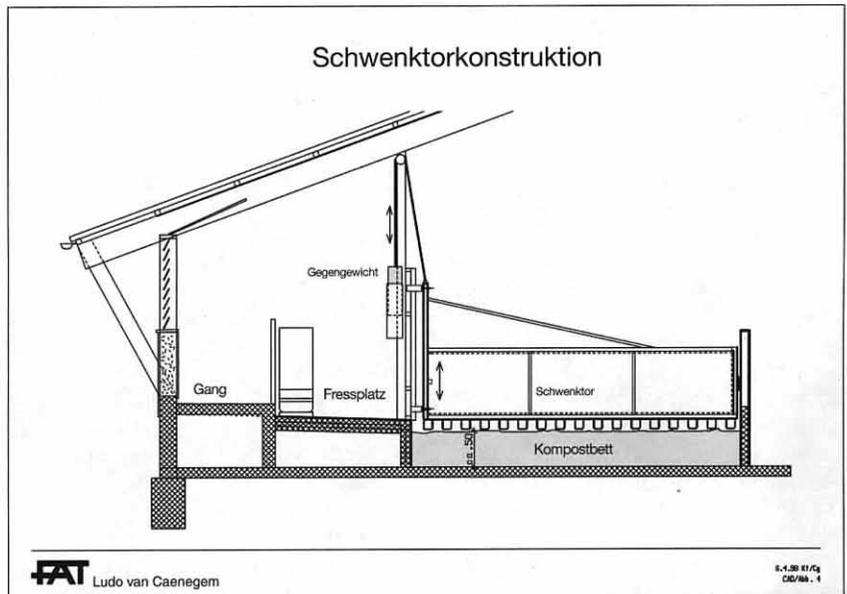


Abb. 4. Das in der letzten Untersuchungsphase verwendete Schwenktorsystem hat sich im praktischen Einsatz bewährt. Gegengewichte erleichtern das Anheben der Tore, damit sie beim Abdrehen über das unebene Tiefstreubett geführt werden können.



Abb. 5. Beim Versuchsstall handelte es sich um einen einfachen, schwach isolierten Baukörper mit Trauf-First-Lüftung mit aussenliegenden Bedienungsgängen. Das Unterdach bestand aus lediglich 2 cm Noppenfolie (k -Wert: $1,0 \text{ W/m}^2, \text{ }^\circ\text{K}$).

Spezielle Einrichtungen

Für die Kompoststallanwendung ist eine Trockenfütterung zu empfehlen. Der FAT-Versuchsstall war mit Breifutterautomaten, je zwei pro Bucht, versehen. Die computergesteuerte Zuführung erlaubte Multiphasenfütterung und die buchtenweise Registrierung des Futterverbrauchs.

Die Wasserleitungen für die Tränken sind für die wenigen Tiefsttemperaturtage im Winter zu isolieren und im Nippelbereich mit Begleitheizung zu versehen. Bewährt hat sich auch die Verlegung der Wasserleitungen im Kreislaufsystem, worin das Wasser mittels Umwälzpumpe in Bewegung und mit Thermostat und Durchlauferhitzer auf einem frostfreien Niveau gehalten wird.

Im Intervall betriebene Duschen vermindern den Hitzestress bei Stalltemperaturen von über $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Ein bis zwei Spritzdüsen pro Bucht auf rund 1,5 bis 2 m Höhe angeordnet ergeben eine gute Flächendeckung (Hesse 1995). Das düsentragende Rohr muss aufziehbar angeordnet sein, damit es während der Umsetzarbeiten aus dem Fahrbereich entfernt werden kann.

Bauhülle

Der beim Versuchsstall gewählte einfache, schwach isolierte Baukörper mit Trauf-First-Lüftung (Abb. 5) hat

sich bewährt. Die Stalltemperatur sank im Wochenmittel nie unter $6 \text{ }^\circ\text{C}$ ab (Abb. 6). Trotz der bewusst schwach ausgelegten Isolation – zum Beispiel Unterdach mit lediglich 2 cm Noppenfolie (k -Wert: $1,0 \text{ W/m}^2, \text{ }^\circ\text{K}$) – konnte während der kalten Jahreszeit im Mittel eine gegenüber den Umgebungstemperaturen um $10 \text{ }^\circ\text{C}$ höhere Stallinnentemperatur gehalten werden. Wenige Tage im Winter mit extrem kalten Temperaturen erforderten den Einsatz einer Notheizung in Form eines Baulüfters. Ohne diese Unterstützung wäre die Temperatur in solchen Phasen, vor allem in der Nacht, unter den Nullpunkt gefallen, was man vermeiden wollte.

In der warmen Jahreszeit ging die Temperaturdifferenz zur Aussentemperatur auf $3 \text{ }^\circ\text{C}$ zurück. Zur Unterstützung des Luftwechsels und Auftriebes mussten deshalb drei vertikal wirkende, langsam laufende Propeller im Giebelraum angebracht werden.

Die Dimensionen des Gebäudes werden weitgehend durch die gewählten Buchtenmasse bestimmt. Es empfiehlt sich, den Stall mit grosszügigen Einfahrtstoren an der Giebelseite auszustatten. Dies erleichtert das Einfahren mit Traktor und Umsetzgeräten sowie die Zu- und Wegfuhr von Bettmaterial (Sägemehl, Kompost) (Abb. 7).

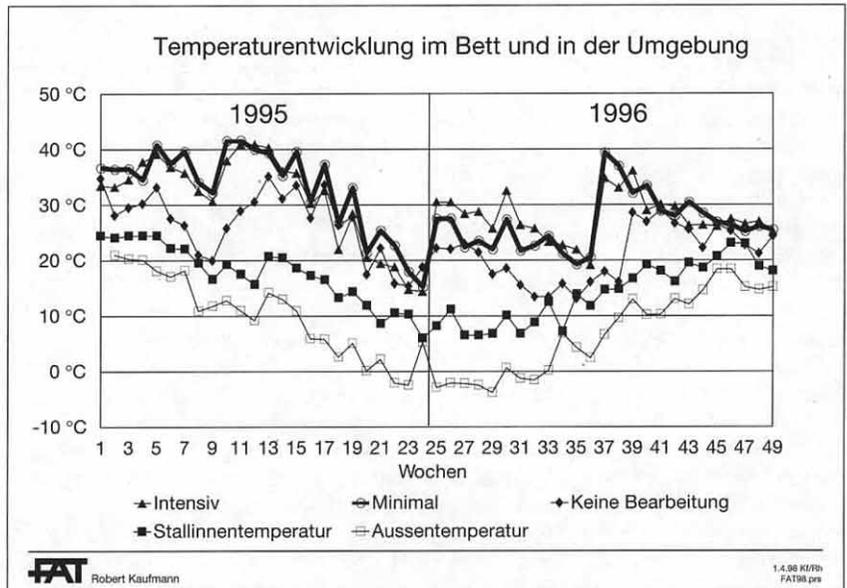


Abb. 6. Wöchentliches (Intensiv) und zweiwöchentliches (Minimum) Umsetzen brachten keine signifikanten Unterschiede in der Temperaturentwicklung. Anfang Januar 1996 (Versuchswoche 23) wurde das Bettmaterial vollständig erneuert und in den Wochen 9 und 35 etwas neues Sägemehl nachgeliefert. Die Differenz von Stallinnen- zu Aussentemperaturen war im Winter grösser als im Sommer.



Abb. 7. Grosszügige Tore an der Giebelseite erleichtern das Einfahren mit Traktor und Umsetzgeräten sowie die Zulieferung und Wegfuhr von Bettmaterial.

Kompoststall «FAT-Modul 200»

Unter Berücksichtigung unserer Betriebserfahrungen und mit Einbezug der vorausgehenden Konstruktionshinweise lässt sich für eine Einheit von 200 Mastplätzen folgender Stalltyp ableiten: hier als «FAT-Modul 200» bezeichnet (Abb. 8). Bei der Grundversion sind fünf Vormast- und eine Reservebucht sowie fünf Ausmastbuchten an einem mittleren Bedienungsgang angeordnet. Die Fest- und Kompostflächen sind für je 20 Schweine im entsprechenden Mastabschnitt ausgelegt. Die Flächen sind bei der Vormast auf ein mittleres Gewicht von rund 50 kg, bei der Ausmast von 70 kg ausgelegt. Die Raumhöhen und Einfahrten sind der Bewirtschaftung mit Normaltraktoren inklusive Fahrerkabine angepasst.

Es ist auch eine Version mit aussenliegenden Bedienungsgängen denkbar. Der mittlere Bedienungsgang bietet jedoch einige Vorteile: Geringerer Flächenbedarf und damit tiefere Investitionskosten sowie direktere Wege beim Umbuchten. Von besonderer Bedeutung könnte zudem die Option einer allfälligen Erweiterung mit einem Auslauf sein (zum Beispiel bei Teilnahme an einem Qualitätsfleischpro-

gramm mit entsprechenden Anforderungen).

Betrieb

Der Betrieb eines Kompoststalles erfordert die Kenntnisse einiger Zusammenhänge und der Wirkung diverser Pflegemassnahmen des Bettes.

Temperaturverlauf als Indikator

Die Temperatur in 15 cm Tiefe gilt als zentraler Indikator für die biologische Aktivität im Kompostbett. Diese biologische Aktivität wird direkt beeinflusst durch die Temperatur im Stall, den Trockensubstanzgehalt (TS) und den Gehalt an Kot und Harn als abbaubare Substanzen.

Hohe biologische Aktivität ist durch Betttemperaturen um 40 °C gekennzeichnet. Diese entwickelt entsprechende Verdunstungsleistungen, womit der TS-Gehalt trotz laufender Harnzufuhr über eine gewisse Zeit stabil bleibt. In zu nassen Zonen (zum Beispiel in den von den Schweinen be-

vorzugten Exkretionsecken der Buchten) reduziert sich die mikrobiologische Aktivität infolge Sauerstoffmangel. Dies führt zu absinkenden Temperaturen und im ungünstigsten Fall zum Erliegen der biologischen Prozesse. Lokale Vernässung ist auf jeden Fall zu verhindern, indem gezielt mit mechanischen Hilfsmitteln die Kot/Urinkonzentrationen auf das übrige Bett verteilt und vermischt werden. Auch eine Zugabe von frischem Sägemehl kann stabilisierend wirken. Typisch ist ein Temperaturanstieg im Verlauf von ein bis zwei Monaten auf die Höchstwerte von rund 40 °C (Abb. 6).

Die richtige Betttemperatur und damit die Lebensdauer des Bettmaterials hängt im wesentlichen von zwei Faktoren ab: Sorgfältige Pflege und angepasste Belastung mit Tieren (das heisst die Menge der Zufuhr von Exkrementen und Harn ist angepasst an die Verdunstungsleistung). Letzteres hängt ab von der richtigen Dimensionierung der Bettfläche und von der Wahl des Tierbesatzes. Daneben wirken weitere Einflussfaktoren: Stallinnentemperatur, Alter des Bettes, Einstreumaterial (Art, Ausgangsfeuchte), ausreichend Luftwechsel und Stallluftvolumen. Ein partieller Ersatz von besonders belastetem Material durch frisches Sägemehl kann eine rasche Verbesserung der Temperatur bewirken (Abb. 6). Ein Medizinalfuttereinsatz in grösserem Umfang dagegen kann die biologische Aktivität hemmen (Nicks 1996).

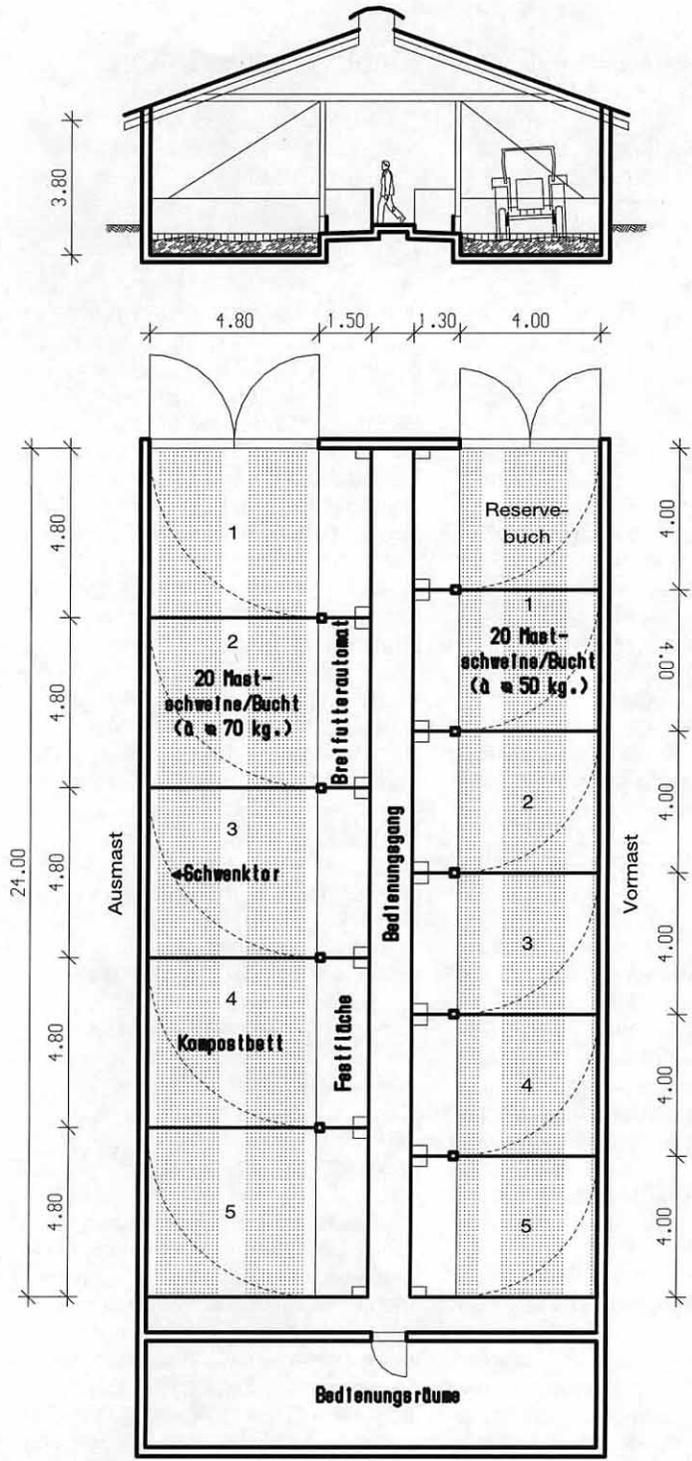
In der Regel wird mit flüssiggefütterten Schweinen dem Bett zuviel Wasser zugeführt. Es vernässt daher schneller als bei Trockenfütterung. Das Beispiel eines Tessiner Grossbetriebes zeigt, dass der Kompoststall unter besonderen Bedingungen dennoch bei Flüssigfütterung funktionieren kann: Milde Lage, das heisst hohe durchschnittliche Stalltemperaturen, sehr intensives Umsetzen (alle zwei bis drei Tage) und höherer Sägemehleinsatz.

Umsetztätigkeit

Die wichtigste Pflegemassnahme ist die regelmässige Bearbeitung des Bettes. Manuelle Umsetzung ist aus ergonomischen und arbeitswirtschaftlichen Gründen auszuschliessen. Die Pflegemassnahmen des Bettes sind deshalb mit angepasster Mechanisie-

Abb. 8. Auf Grund unserer Betriebserfahrungen und der dabei erarbeiteten Konstruktionshinweise (Flächenbedarf, Schwenkorkonstruktion usw.) lässt sich für eine Einheit von 200 Mastplätzen das «FAT-Modul 200» ableiten. Eine Variante mit zwei aussenliegenden Bedienungsängen wäre denkbar.

Kompoststall FAT-Modul 200 (Mittelgang)



rung durchzuführen. Wenn möglich haben diese Arbeiten auf Basis Traktorzug zu erfolgen. Dadurch kann man auf eine teure Spezialmechanisierung verzichten und die auf dem Betrieb vorhandene Technik besser auslasten.

Ursprünglich erfolgte bei unseren Versuchen die Bearbeitung in zwei Arbeitsgängen:

- **Horizontale** Umlagerung des stark belasteten Koteckenmaterials in Bereiche mit trockenerem Sägemehl und umgekehrt. Dies geht mit Traktor/Heckschaufel (mit hydraulischem Oberlenker) oder Frontlader recht gut. Wichtig ist die Verwendung von Schaufeln mit mindestens Traktoraussenbreite. Dies garantiert hohe Arbeitsleistungen und wenig unbearbeitete Randzonen.

- Beim zweiten Arbeitsgang, der **vertikalen** Durchmischung des Bettes, kamen Bodenbearbeitungsgeräte aus dem Ackerbau zum Einsatz (zum Beispiel Kreiselegge, Spatenmaschine usw.). Es eignete sich praktisch jedes mischende Gerät. Unterschiede in der Temperaturentwicklung in Abhängigkeit vom Gerätetyp sind kaum feststellbar. Für den Einsatz bei der Bettbearbeitung sind von grosser Bedeutung: Rasche Verfügbarkeit, wenig Umbauebedarf (kein Entfernen von Prallblechen, Packerwalzen usw.), wenig Überhänge (unbearbeitete Randzonen), passendes Gewicht und Arbeitsbreite.

Im Verlauf der Versuche wurde erfolgreich auf eine **einphasige Arbeitsweise** übergegangen. Die Beschränkung auf die rein horizontale Bearbeitung zeigte keine nachteiligen Auswirkungen auf die Temperaturentwicklung. Bei kritischen Bettverhältnissen kann unter Umständen eine häufigere Durchmischung zwecks Unterstützung der Wasserverdunstung sinnvoll sein.

Bearbeitungsintensität

Bei den Versuchen wurde erfolgreich eine Minimierung der Frequenz bei der Bearbeitung angestrebt. Die untersuchte zweiwöchentliche Umsetzung (Minimalbearbeitung) des Bettes hatte gegenüber dem wöchentlichen Bearbeiten (Intensivbearbeitung) keinen signifikanten Einfluss auf die biologi-

schen Prozesse gezeigt (Abb. 6). Weder war die Temperaturentwicklung im Bett gesichert höher noch haben Reifetests auf eine bessere Pflanzenverträglichkeit hingedeutet.

Einstreuart und -tiefe

Als Standardeinstreu hat sich Sägemehl von frischgeschnittenem Nadelholz im TS-Bereich von 50 bis 60% bewährt. Hartholz-Sägemehl ist wegen geringer Saugfähigkeit ungeeignet.

Versuchsweise wurde auch Hackschnitzel eingesetzt. Dabei handelt es sich um ein Abfallmischprodukt der Sägereien, bestehend aus Holzschnitzeln bis 5 cm Länge und Feinmaterial. Sägemehl- und Hackschnitzeltemperaturen wiesen in ersten Versuchen einen praktisch parallelen Verlauf auf (Kaufmann 1994). Das grobe Hackschnitzelmaterial vermochte trotzdem von seinen technologischen Eigenschaften her nicht zu überzeugen. Infolge kleinerem Feinanteil waren die Absorbitionseigenschaften schlechter, was zu einem schnelleren Versumpfen der Kotecken führte.

Laut ausländischen Untersuchungen (Nicks 1994) soll Strohhacksel rascher vernässen und den Geruch weniger absorbieren als Sägemehl. Dafür sei die Staubentwicklung im Stall deutlich tiefer.

Die Betttiefe von 45 bis 50 cm hat sich bewährt. Bei geringeren Betttiefen wurde ein rasches Absinken von Temperatur und TS-Gehalt festgestellt. Bereits nach drei Monaten Betrieb, das heisst nach knapp einem Mastumtrieb, kam das Bett erstmals in einen kritischen Zustand.

Materialumschlag

Das Sägemehlbett bedingt spezifische Aktivitäten für den Materialumschlag: die Zufuhr von Sägemehl, das Ausräumen des Stalles, die Abfuhr des Kompostes, ein allfälliges Ansetzen einer Miete und deren Nachbearbeitung.

Die Zufuhr von neuem Sägemehl geschieht mit Vorteil mittels Anhänger mit Kippvorrichtung. Nach sechs- bis maximal zehnmonatiger Benützung des Bettmaterials muss der Stall geräumt werden. Dazu empfiehlt sich eventuell der Einsatz eines Hoftrans-

porters. Es hat sich bewährt, mit Hilfe eines Futtermischwagens das Bettmaterial zu homogenisieren und mittels Seitenförderband in einem Arbeitsgang die Trapezmiete aufzuschichten. Eine gewisse Wiedererwärmung am Walm kann auftreten und deutet auf noch nicht abgeschlossene Kompostierungsprozesse hin. Eine Abdeckung mit einem Flies reduziert das Durchdringen von Niederschlagswasser. Trotzdem ist mit einer gewissen Ausschwemmung von Nährstoffen, insbesondere K_2O , in den Oberboden zu rechnen (Kaufmann et al. 1997).

Bei der Anlage des Walms ist zu beachten, dass seitlich wenig Wasser eingeschwemmt wird und das Wasser unter dem Walm ungehindert abfließen kann. Richtig gelagert ist das Material monatelang haltbar. Es findet eine gewisse Abtrocknung und damit eine Konzentration nichtflüchtiger Hauptnährstoffe wie P und K statt. Eine einmalige gründliche Umsetzung mittels Kompostiermaschine reichte aus. Häufigeres Mischen brachte keine zusätzliche Temperaturentwicklung mehr (Kaufmann et al. 1997).

Hilfsmittel (Bioaktivatoren)

Mit einem Versuch im Labormassstab (zwei Buchten zu fünf Mastschweinen) überprüfte man die Wirksamkeit des verwendeten Bioaktivators (Meier 1994; Tam et al.). Bezüglich der für den Betreiber wichtigen Aspekte (Temperatur- und TS-Verlauf) konnte keine Wirkung des Hilfsmittels festgestellt werden. Hingegen bestehen Indizien, dass die Ammoniakemissionen mit Bioaktivator eher geringer sind. Da sich mit den relativ teuren Bioaktivatoren die Lebensdauer des Bettes kaum bedeutend verlängern lässt, kann man deren Anwendung nicht empfehlen.

Leistungen

Die produktionstechnischen Daten sind befriedigend. Es konnten in allen Durchgängen praxisübliche Mastleistungen erzielt werden (Tab. 1). Die praxisunüblichen mittleren Ein- und Ausstallgewichte sind von der Versuchsanlage her bedingt und haben keinen Zusammenhang mit dem Kompoststallsystem. Die Literatur spricht nur vereinzelt von besseren Leistun-

Tabelle 1. Technische Daten und Leistungen (FAT-Versuche 1993–1996)

		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
Versuchsdaten					
Buchtenzahl		8	8	3	6
Fläche/Bucht	m ²	22	22	44	22
Schweineplätze/Bucht		20	20	30	17
Beginn		15.02.93	09.11.93	26.05.94	03.07.95
Dauer	Tage	266	127	301	362
Tiere im Versuch	Anzahl	466	322	356	483
Leistungen					
Einstallgewicht	kg	32	42,2	35,2	36,6
Ausstallgewicht	kg	92,9	75,9	96,1	89,2
Zunahmen	g/Tag	821	802	818	794
Futtermittelnutzung	kg/Tag	2,77	2,8	2,57	2,7

gen im Kompostsystem. Häufiger sind Hinweise auf nicht signifikante Unterschiede in Zunahme und Futtermittelnutzung (Arkenau et al. 1997; Hoy et al. 1992; Kay 1992). Die Versuchsanordnung an der FAT erlaubt dazu keine Aussage.

Sommer kann ein erhöhter Wassergehalt für den Startvorgang sogar von Vorteil sein.

Im Mittel muss mit etwa 1,1 kg Sägemehl pro kg Zuwachs gerechnet werden. Ein erhöhter Sägemehlbedarf resultiert, wenn das Bett infolge ungenügender Pflege und ungünstiger Prozessentwicklung frühzeitig gewechselt oder partiell mit neuem Material ergänzt werden muss.

Der erzeugte Kompost wiegt zwei- bis dreimal mehr als das zugeführte Sägemehl. Volumenmässig entspricht das Endprodukt hingegen in etwa der eingebrachten Menge. Dies ist auf das höhere Raumgewicht des Kompostes zurückzuführen, abhängig von Wassergehalt und Nährstoffsättigung.

Nährstoffgehalte und -wirkung

Für den Landwirt sind die Kenntnis des Hofdüngeranteils und ein möglichst verlustfreier Übergang vom Tier

zur Pflanze von Bedeutung. Bei der Umweltwirkung steht die Stickstoff-(N-)Effizienz und die Phosphat-(P₂O₅)Fracht im Zentrum des Interesses.

Die Grundnährstoffe Phosphor (P) und Kali (K) liegen etwa im selben Verhältnis vor wie bei der Schweinegülle, infolge des höheren TS-Gehaltes, aber in rund dreifacher Dosis bezogen auf die ausgebrachte Frischmasse (Tab. 3). Die Konzentration dieser Nährstoffe hängt direkt ab von der Belegungsdauer des Bettes oder – im Falle einer anschließenden Walmenlagerung – von der Veränderung des TS-Gehaltes infolge Abtrocknung.

Der N-Gehalt ist wesentlich tiefer als die Normwerte von Gülle und Mist. Um beispielsweise die N-Bedürfnisse von Mais mit Kompost abzudecken, müsste man einen Überschuss an P im Umfang von rund 100% des Bedarfs düngen (Bieri et al. 1998)! Nur rund 10% des N_{tot} liegen als leicht verfügbares Ammonium (NH₄) vor. Beim Rest dürfte es sich um organisch gebundene und daher nur langsam verfügbare N-Formen handeln.

Der Kompost aus dem Schweinestall ist folglich vor allem als PK-Grunddünger einzustufen. Erste Pflanzenversuche haben dies bestätigt. Zur Zeit laufen noch entsprechende Topfpflanzenversuche an der Forschungsanstalt Reckenholz (FAL).

Stickstoffverluste und Emissionen

Aus ökologischer Sicht unbefriedigend ist die schlechte N-Effizienz dieses neuen Hofdüngersystems. Im

Material- und Nährstoffflüsse

Einstreubedarf und Kompostanfall

Der Tabelle 2 sind die Erfahrungswerte bezüglich Einstreubedarf und resultierender Kompostmengen zu entnehmen. Das Raumgewicht bei der Einstreu hängt von der Struktur und vom TS-Gehalt ab. Der TS-Gehalt ab Sägerei liegt je nach Frische des Schnittholzes zwischen 50 und 60%. Trockenes Sägemehl ist vor allem beim Einstellen im Winter vorzuziehen. Im

Tabelle 2. Planwerte für den Materialumsatz

Sägemehlbedarf					Kompostanfall				
TS-Gehalt	50–60%				TS-Gehalt	35–40%			
Raumgewicht	lose eingeführt	kg/m ³	200	250	200	250	TS-Gehalt	35–40%	
							Raumgewicht	lose	kg/m ³
									600
									800
									600
									800
Sägemehlbedarf (Masse)	pro kg Zuwachs	kg	1,00	1,00	1,50	1,50	Kompostanfall (Masse)	pro kg Zuwachs	kg
	pro Mastschwein	kg	75	75	113	113		pro Mastschwein	kg
	pro Mastplatz	kg	225	225	338	338		pro Mastplatz	kg
									2,50
									2,50
									3,50
									3,50
Sägemehlbedarf (Volumen, lose)	pro Mastschwein	m ³	0,38	0,30	0,56	0,45	Kompostanfall (Volumen, lose)	pro Mastschwein	m ³
	pro Mastplatz	m ³	1,13	0,90	1,69	1,35		pro Mastplatz	m ³
									0,31
									0,23
									0,44
									0,33
									0,94
									0,70
									1,31
									0,98

Annahmen: Zuwachs/Mastschwein 75 kg; 3 Umtriebe/Jahr

Tabelle 3. Düngerwerte von Kompost aus Mastschweinehaltung im Vergleich zu anderen Hofdüngern (Kaufmann et al. 1997)

Nährstoffwerte in kg pro m ³ oder t	Bezug	TS (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{tot}
Sägemehlkompost					
Direkt aus Stall (6 Mte. belegt)	t	33	6,1	6,8	3,9
Direkt aus Stall (10 Mte. belegt)	t	35	11,1	9,4	5,1
Nach 6 Monaten Walmlagerung (Stall 10 Mte.)	t	44	16,5	10,6	7,1
Durchschnitt			11,2	8,9	5,4
Ausgewählte Hofdünger ¹⁾					
Vollgülle Schwein (unverdünnt)	m ³	6	3,5	3,0	6,0
Vollgülle Schwein (1:1 verdünnt)	m ³	3	1,8	1,5	3,0
Vollgülle Rind (unverdünnt)	m ³	9	1,7	9,0	4,5
Vollgülle Rind (1:1 verdünnt)	m ³	4,5	0,9	4,5	2,3
Stapelmist Rind	t	19	3,1	7,0	5,0

1) Quelle: Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (1994).

Gesamtsystem Kompoststall, Zwischenlagerung und Ausbringung erreichen deutlich weniger düngungswirksame N-Mengen die Kulturpflanze als bei einem Gülleensystem (Tab. 4). Dies ist auf hohe gasförmige Verluste im Stall zurückzuführen. Gründe dafür sind einerseits das besondere Klima im Bett (pH > 8, hohe Temperaturen), welches zur Ammoniakverflüchtigung beiträgt, sowie andererseits partielle Zonen von Sauerstoffmangel, welche die diversen Abbaustufen des Stickstoffs zu Lachgas (N₂O) und zu elementarem N₂ reduzieren. Diese gasförmigen Verluste im Stall werden nur teilweise dadurch kompensiert, dass beim gullenführenden System bei der Ausbrin-

gung dafür vergleichsweise höhere Emissionen auftreten. Noch nicht berücksichtigt sind allerdings Verluste durch Versickerung von Nitrat im Boden. Diese dürften bei der Gülle höher sein, vor allem in Verbindung mit unsorgfältigem Ausbringmanagement. Die Verlustwerte beruhen auf Nährstoffbilanzrechnungen, ausgehend von einer proteinreduzierten Fütterung (Multiphasenfütterung). Die gasförmigen Verlustwerte werden zwar durch ähnliche Bilanzrechnungen in der Praxis und durch Untersuchungen in einem ausländischen Institut bestätigt, jedoch nicht mit diesen hohen Werten (Abb. 9). Nach diesen Untersuchungen könne durch eine intensive, tägliche

Umarbeitung des Bettes der gasförmige N-Verlust etwas gesenkt werden. Deutlicher sei dieser Effekt bei Strohhäcksel anstelle von Sägemehl. Ammoniak-(NH₃) und Lachgas-(N₂O) Verluste waren etwa gleich gross, im Verhältnis aber nur in untergeordnetem Umfang nachzuweisen. Die verbleibenden kalkulierten Bilanzabweichungen lassen sich nur mit der Verflüchtigung von ökologisch unbedenklichem, elementarem N₂ erklären. Eine andere Untersuchung stellte N-Verluste von 2,1 kg in Form von NH₃ und 2,6 kg in Form von N₂O pro Mastplatz fest (Groenestein et al. 1996). Im Spaltenbodenstall lagen die gemessenen Verluste bezogen auf diverse flüchtige N-Verbindungen um 44% tiefer.

Die NH₃-Konzentrationen in der Luftschicht direkt über dem Bett (Sommersituation, Erhebungsphase 3, 1994) lagen jeweils deutlich unter 10 ppm (= Grenzwert für Stallklima). Selbst direkt über den Kotecken konnte nur bei einer einzigen Messung eine Überschreitung des Grenzwertes festgestellt werden. In einer anderen Untersuchung wurden über dem Kompostbett tiefere NH₃-Konzentrationen festgestellt als über Spaltenböden (Hoy et al. 1992). Ein leichter Anstieg wurde mit zunehmender Bettalterung festgestellt. Besonders während des Umsetzens traten kurzzeitig Werte zwischen 40 und 80 ppm auf.

Während der ersten Versuchsphase wurde der FAT-Kompoststall als Referenz in eine olfaktometrische Erhebungsreihe miteinbezogen (Schmidlin 1993). Der dabei ermittelte Wert von durchschnittlich 84 Geruchseinheiten (GE) lag klar im unproblematischen Bereich.

Tabelle 4. N-Bilanz pro Mastschwein (Kaufmann et al. 1997)

	Kompoststall		Gülleensystem	
	kg N _{tot} /Schwein ¹⁾	Verluste (%) ²⁾	kg N _{tot} /Schwein ¹⁾	Verluste (%) ²⁾
Gehalt in den Ausscheidungen	2,74 ³⁾		2,80 ⁴⁾	
Stallverluste	2,03	74,1	0,48	17,0 ⁸⁾
Gehalt nach Ausmisten	0,71 ⁵⁾		2,32	
Lagerverluste	0,04	5,0 ⁶⁾	0,20	8,4 ⁸⁾
Gehalt nach der Lagerung	0,67		2,13	
Ausbringverluste	0,03	5,0 ⁷⁾	0,72	33,6 ⁸⁾
Gehalt nach der Ausbringung	0,64		1,41	
Totaler N-Verlust	2,10	76,6	1,39	49,5

1) Geltungsbereich: 50 kg Zunahme (von 45 bis 95 kg); Multiphasenfütterung.

2) Verluste in % der vorangehenden Stufe.

3) Kalkuliert: Futterinput – Fleischoutput.

4) Abgeleitet von Standardwerten (Walter et al. 1994): 5 kg N pro Mastschwein; 75 kg Zunahme; zirka 15% N-Überschuss in der Normalration.

5) Gemäss Wägungen und Analysen des Kompostes.

6) Lagerversuch Winter 1993/1994.

7) Schätzung.

8) Menzi et al. 1997.

Auswirkungen auf das Tier

Tierverhalten

Bei Stalltemperaturen um den Nullpunkt reagierten die Schweine mit Eingraben und im Extremfall mit Gruppenliegen. Es ist deshalb drauf zu achten, dass Kältephasen nicht mit einem stark verschmutzten, feuchten und folglich auch kühlen Kompostbett zusammentreffen.

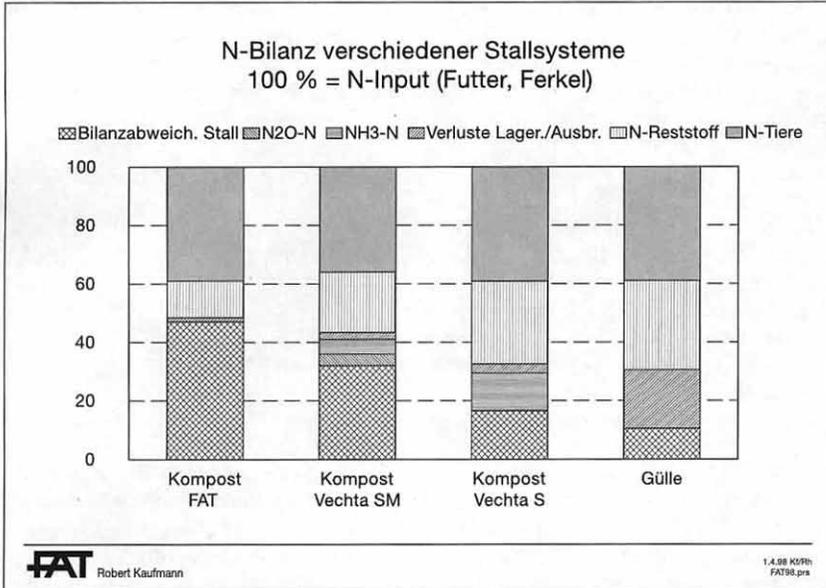


Abb. 9. Bei den kalkulierten Bilanzabweichungen handelt es sich im wesentlichen um gasförmige N-Verluste. Untersuchungen in Vechta (Forschungs- und Studienzentrum für Veredlungswirtschaft Weser-Ems, Universität Göttingen) zeigten ähnliche Verluste bei Sägemehl (Vechta SM) und etwas geringere bei Stroh (Vechta S) (nach Kaiser et al. 1997). Die Gülleverlustkalkulationen basieren auf Normwerten (vgl. Tab. 5).

Stalltemperaturen über etwa 25 °C führten zu Hitzestress, worauf hohe Atemfrequenzen und ausgestreckte Seitenlage hindeuteten. Eine intervallgeschaltete Dusche wurde in solchen Fällen von den Schweinen rege benutzt. Aus diesen Erfahrungen heraus muss diese Zusatzinstallation als für das System obligatorisch betrachtet werden.

Die Benützung einer Teilfestfläche wurde genauer untersucht. In Hochtemperaturphasen (Wochendurchschnitt 22,5 °C) bestanden rund zwei Drittel der Aufenthalte auf der Festfläche aus der Aktivität «Liegen» (Abb. 10). An kalten Tagen (Wochendurchschnitt 8,8 °C) war die verbreitete Form der Aktivität das «Stehen» (Aufrecht 90%), was im wesentlichen mit dem Besuch der Futterautomaten zu tun hatte. Nur noch in 10% der Fälle wurde die Fläche zum Liegen benutzt. Daraus kann geschlossen werden, dass die Tiere die beiden qualitativ unterschiedlichen Flächen – die Festfläche und das Kompostbett – je nach Temperatur im Stall differenziert benutzen. Es ist somit durchaus sinnvoll, solche unterschiedliche Flächen auch anzubieten. Nicht weiter untersucht wurden die Reaktionen auf Änderun-

gen beim Umfang des Flächenangebotes und generell das Verhalten auf dem Kompostbett.

Ein ausländischer Vergleich mit Vollspaltenbuchten (Böhmer et al. 1992)

kam aufgrund von Verhaltensbeobachtungen zum Schluss, dass der Kompoststall den Bedürfnissen des Tieres besser entspricht. Nach eigenen Beobachtungen bewirkte auf das Bett gestreutes Langstroh tendenziell eine Reduktion der Beschäftigung mit den Artgenossen (Stumpf 1994). Das Stroh wurde zerkaut, zusätzlich angebotene Beschäftigungsmöglichkeiten wie Nagebalken und Strohraufen dagegen wenig benützt.

Das Kompoststallsystem erfüllt einige wichtige Voraussetzungen, als «Besonders tiergerechtes Haltungssystem» im Sinne der BTS-Verordnung (EVD 1997), wie zum Beispiel höheres Wohlbefinden des Tieres, Mehrflächenbucht (Kombination von Fest- und Tiefstreulfläche). Es ist allerdings vorerst für das Direktzahlungsprogramm noch nicht zugelassen. Entsprechende Abklärungen sind im Gange.

Gesundheit und Fleischqualität

Ausgehend von der Hypothese, dass das staubige Milieu bei den Schweinen zu nachteiligen Fremdkörperinhalationen führen kann, wurden verdächtige Lungen im Labor untersucht. Dabei konnte tatsächlich ein deutlich

Liegeverhalten auf dem Festbodenelement im Kompoststall

Abhängigkeit von der Stalltemperatur

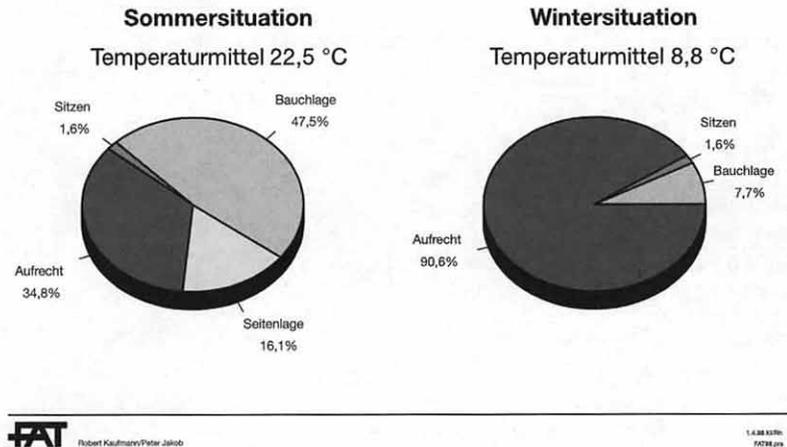


Abb. 10. Der Festboden im Bereich der Futterautomaten diente im Winter vor allem der Zirkulation hin zu den Futterautomaten. In der warmen Jahreszeit bestand ein wesentlicher Teil der Aktivität aus Liegen.

höherer Fremdkörperbefall bei Lungen aus dem Kompoststall im Vergleich zu Lungen aus Teilspaltenbodenhaltung nachgewiesen werden (Sydler 1994). Eine vertiefte Analyse der Fremdkörpereinschlüsse zeigte jedoch, dass der Ursprung dieser Fremdstoffe mehrheitlich bei der Trockenfütterung zu suchen ist. Gesundheitlich ausgeübt hat sich der erhöhte Fremdkörperbesatz nicht. Der Anteil von Lungen mit akuten krankhaften Veränderungen war in beiden Versuchsgruppen identisch.

Ausländische Berichte deuten auf einen erhöhten Infektionsdruck im Kompostbett hin (Hoy et al. 1994). Dies äusserte sich vor allem im gehäuften Auftreten von Leberläsionen. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich dabei vorwiegend um Grossbetriebe mit langzeitbenützten Kompostbetten handelt. Wir empfehlen deshalb, die Ferkel vor dem Einstellen zu entwurmen und das Kompostbett nach zirka sechs Monaten auszuwechseln.

Bei den Kompoststallschweinen war infolge erhöhter Abzüge bei der Fettqualität im Mittel ein um 2,1% tieferer Fleischpreis gegenüber den aus anderen Haltungsversuchen an der FAT stammenden Mastschweinen festzustellen. Diese Beobachtung kann nicht schlüssig als systematisches Problem des Kompoststalles interpretiert werden, da die übrigen FAT-Masttiere wegen unterschiedlichsten Haltungsbedingungen (Fütterung, Stalltemperaturen usw.) als Referenz untauglich sind.

sachte keinen zusätzlichen Reinigungsaufwand.

Eine weitere Möglichkeit zur Reduktion des Arbeitszeitbedarfs beruht auf der Erkenntnis, dass ein zweiwöchentliches Vermischen der kotreichen mit den trockenen Stellen für die Prozessführung ausreicht. Der arbeitswirtschaftliche Vergleich Kompoststall/Teilspaltenbodenstall basiert auf den verfahrenstypischen Arbeitsarten im Hofdüngerbereich: Einbringen von Sägemehl, regelmässiges Umsetzen des Bettes und Austrag des Kompostes bzw. tägliche Reinigungsarbeiten in der Bucht und Ausbringen der Gülle beim Teilspaltenbodenstall.

Die Resultate zeigen auf (Abb. 11), dass die Entwicklung in der Verfahrenstechnik erfolgreich zur Konkurrenzfähigkeit des Kompoststallsystems in arbeitswirtschaftlicher Hinsicht beigetragen hat. Schon ab 300 Mastplätzen ist der vergleichbare Arbeitszeitaufwand im Teilspaltenstall rund doppelt so hoch.

Der Güllenausstrag, berechnet auf der Basis der praxisüblichen 1:1-Verdünnung, erfordert etwas weniger Zeit als das periodische Erstellen der Einstreu inklusive Erstellen der Kompostmieten. Der Hauptunterschied zwischen den beiden Systemen liegt in

den zeitlich aufwendigeren, täglich wiederkehrenden Reinigungsarbeiten im Teilspaltenboden gegenüber den periodischen Pflegemassnahmen des Kompostbettes.

Wirtschaftlichkeit

Kostenelemente

Die beiden «FAT-Module 200» – Variante 1 mit zentralem und Variante 2 mit zwei seitlichen Bedienungsgängen – sind mit dem Teilspaltenbodenstall zu vergleichen, das heisst mit einem Stallsystem, welches im konventionellen Bereich in Zukunft noch Verbreitung finden dürfte. Der Vergleich basiert auf verfahrensrelevanten Kostenelementen: Bauhülle, Betriebseinrichtungen, Güllentechnik, Maschinen-, Material- (inkl. Energie) und Arbeitszeitaufwand. Alle Maschinenkosten umfassen nur die variablen Kosten, ausgehend von der Annahme, dass betriebseigene Maschinen zum Einsatz kommen. Die Arbeitskosten wurden aufgrund von Arbeitszeitkalkula-

Arbeitswirtschaft

Wichtiges Ziel bei der Weiterentwicklung eines neuen Stallsystems muss die Rationalisierung der Arbeitsabläufe sein. Im Verlauf der Untersuchungen wurde besonderes Gewicht auf die Verbesserung der beweglichen Abtrennungen gelegt.

Das beschriebene Abtrennsystem hat sich im praktischen Einsatz unter anderem auch in ergonomischer Hinsicht weitgehend bewährt. Die Abtrennungen waren nach Überwindung der Losreisskräfte aus dem Bett von Hand leicht anzuheben und zu bewegen. Der angebotene Festboden verur-

Arbeitszeitbedarf Kompost-/Teilspaltenbodenstall im Vergleich

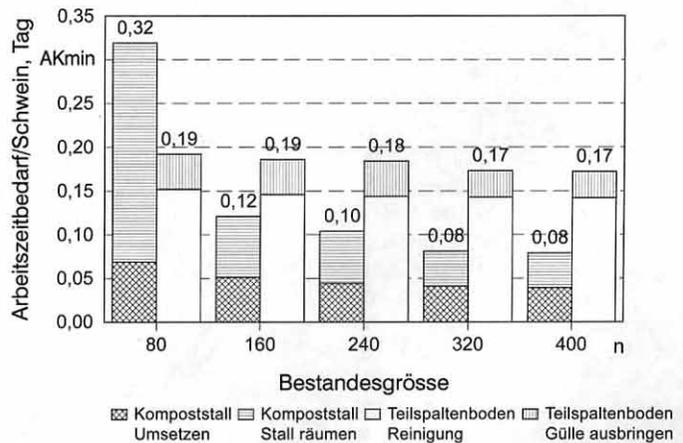


Abb. 11. Ab rund 160 Mastplätzen ist der vergleichbare Arbeitszeitbedarf für die Aktivitäten rund um die Hofdünger im Kompoststall deutlich geringer als im Teilspaltenstall. Die Zahlen beim Teilspaltenstall entsprechen Praxiswerten mit Strohvorlage zur Beschäftigung. Es ist anzunehmen, dass diese Systeme in Zukunft auch noch arbeitswirtschaftlich optimiert werden könnten.

tionen mit dem Ansatz für familien-eigene Arbeitskräfte (zurzeit Fr. 23.-/Akh) gerechnet. Der Kompost wurde nicht bewertet, obwohl dieses Endprodukt im günstigen Fall im Gegensatz zu Gülle als organischer Grunddünger eine ausserlandwirtschaftliche Verwendung finden könnte. Der Energieverbrauch für die Lüftung betrifft vor allem den Teilspaltenboden, wo dies systembedingt unerlässlich ist. Im natürlich klimatisierten Kompoststall unterstützen in den warmen Jahreszeiten einzelne langsam drehende Ventilatoren den Auftrieb der Luft im Stall. Deren Energieverbrauch schlägt kaum zu Buche und wird deshalb vernachlässigt. Der Bedarf an

Reinigungswasser für den Teilspaltenbodenstall wird ebenfalls vernachlässigt, da er in etwa dem Wasserbedarf für die Abkühlungsduschen im Kompoststall entsprechen dürfte. Dafür kommt beim Kompoststall der Sägemehlverbrauch hinzu.

Bei allen Varianten wurden die Kosten für die Fütterungseinrichtung und die Futtersilos vernachlässigt, da man von einem vergleichbaren, systemunabhängigen Fütterungsregime ausgeht.

Investitionsbedarf

Der Investitionsbedarf für die Bauhülle und die spezielle Unterkonstruktion –

beim Teilspaltenboden zum Beispiel die Güllekanäle – ist beim Modul mit zentralem Gang am tiefsten (Tab. 5), basierend auf Daten des Preisbaukastens (Hilty et al. 1996). Variante 2 mit aussenliegenden Gängen kostet rund Fr. 280 000.– und damit fast gleich viel wie der Teilspaltenstall. Die Hülle ist zwar einfacher und die Kostenposition Güllekanäle fällt weg, der Kompoststall erfordert aber aus funktionellen Gründen mehr Fläche pro Masteinheit. Die Kosten des vollisolierten und künstlich klimatisierten Vergleichsstalles basieren auf empfohlenen praxisüblichen Stallflächen und liegen über dem gesetzlichen Flächenminimum. Der Kompoststall ist bei der

Tabelle 5. Betriebswirtschaftlicher Vergleich Kompoststall/Teilspaltenboden (200 MSP)

Positionen	Investitionen			Jährliche Kosten			
	Kompoststall «FAT-Modul 200»		Teil spalten	%	Kompoststall «FAT-Modul 200»		Teil spalten
	Gang Zentral Fr.	Gang seitlich Fr.	Fr.		Gang Zentral Fr.	Gang seitlich Fr.	Fr.
Bauhülle inklusive Fundamente	223 000.–	238 000.–	190 000.–	6,8	15 164.–	16 184.–	12 920.–
Bodenkonstruktion (separat)	26 400.–	30 500.–	29 300.–	6,8	1 792.–	2 071.–	1 990.–
Güllekanäle (separat)	—	—	54 400.–	6,8	—	—	3 697.–
Seitliche Begrenzungen beim Kompostbett, Auffüllungen	11 800.–	14 800.–	—	6,8	800.–	1 007.–	—
Klimatisierung (Lüftungssystem, First + Haube, Sommer-Propeller, Duschen)	14 200.–	14 200.–	35 600.–	9,8	1 389.–	1 389.–	3 489.–
Feste Buchtenwände, Türchen	11 400.–	16 200.–	26 900.–	9,8	1 112.–	1 583.–	2 636.–
Schwenkbare Buchtenunterteilung (inkl. Aufhängung)	20 000.–	20 000.–	—	13,0	2 600.–	2 600.–	—
Güllengrube + Gülleleitung	—	—	44 300.–	6,8	—	—	3 012.–
Rührwerk	—	—	10 000.–	12,0	—	—	1 200.–
Total für 200 Mastplätze	306 800.–	333 700.–	390 500.–		22 857.–	24 834.–	28 944.–
Pro Mastschweineplatz	1 534.–	1 669.–	1 952.–		114.–	124.–	145.–
Verfahrensspezifische Maschinen- und Materialkosten:							
Teilspalten	Güllen	Maschinenkosten					4.–
	Klimasteuerung	Energie					15.–
Kompoststall	Sägemehl	Material			11.–	11.–	
	Sägemehl: Transport und Einbringen	Maschinenkosten			2.–	2.–	
	Klimasteuerung	Energie/Maschinenkosten			3.–	3.–	
	Umsetzen	Maschinenkosten			7.–	7.–	
	Ausbringen	Maschinenkosten			5.–	5.–	
	Minderwert Dünger				3.–	3.–	
Jährliche Verfahrenskosten ohne Arbeit/MSP					145.–	155.–	164.–
Arbeitskosten:					Arbeitszeitbedarf in AKh		
Teilspalten	Güllen						0,24
	Reinigen der Buchten/Entmisten						0,89
Kompoststall	Sägemehl einführen				0,17	0,17	
	Umsetzen				0,36	0,36	
	Ausbringen				0,21	0,21	
Total Arbeitszeitbedarf					0,74	0,74	1,13
Total Arbeitskosten (Lohnansatz Fr. 23.–/AKh)					17.–	17.–	26.–
Total jährliche Verfahrenskosten/MSP					162.–	172.–	190.–

Wahl einer einfachen Vollholzkonstruktion sehr eigenleistungsfreundlich.

Bei den speziellen Betriebseinrichtungen – Lüftungseinrichtung, feste und flexible Buchtenunterteilungen – schneidet der Kompoststall günstiger ab. Die entscheidenden Positionen, welche die rund Fr. 60 000.– bzw. Fr. 90 000.– höheren Investitionskosten beim Teilspaltenstall erklären, betreffen die Gülletechnik (Güllenkanäle, Güllenaufbereitung, inklusive Rührwerk). Das «FAT-Modul 200» mit zentralem Bedienungsgang ist insgesamt am günstigsten. Bezogen auf einen Mastplatz bedeutet dies einen Unterschied von rund Fr. 400.– gegenüber dem konventionellen Vergleichsstall.

Verfahrensvergleich

Die Verfahrenskosten wurden auf der Basis Mastplatz kalkuliert (Tab. 5). Bei den verfahrensspezifischen Maschinen- und Materialkosten hat der Teilspaltenstall Vorteile. Güllenaustrag und Energie für die Klimasteuerung kosten Fr. 19.–/MSP. Beim Kompoststall liegen die Kosten für Sägemehl sowie den Maschineneinsatz für Bettpflege (Umsetzen) und Kompostaustrag mit Fr. 31.– deutlich höher.

Wie es sich schon beim arbeitswirtschaftlichen Vergleich andeutete, liegen dafür der Arbeitszeitbedarf und folglich die Arbeitskosten für den Betrieb des Teilspaltenstalles höher als im Kompoststall, vor allem wegen der täglich notwendigen Reinigungsarbeiten. Dabei ist zusätzlich zu beachten, dass die Arbeiten im Kompoststall nicht termingebunden sind. Die Nutzungskosten der Arbeit könnten im Teilspaltenstall möglicherweise – mindestens zeitweise – höher liegen, infolge Konkurrenz der Stallarbeiten zu anderen in- und ausserbetrieblichen Tätigkeiten und Arbeitsspitzen. Zudem eröffnen nichttermingebundene Arbeiten wie das Umsetzen oder Austragen des Kompostes neue Perspektiven im überbetrieblichen Einsatz oder in der Zusammenarbeit mit Lohnunternehmern.

Im Verfahrensvergleich hat das «FAT-Modul 200» mit zentralem Gang insgesamt Kostenvorteile von Fr. 28.– pro Mastplatz und Jahr oder zirka Fr. 9.–

pro Mastschwein gegenüber dem Teilspaltenstall.

Gesamtwertung

Das Kompoststallsystem in Form des vorgeschlagenen «FAT-Moduls 200» kann aus der Sicht der Wirtschaftlichkeit, der Arbeitswirtschaft und der Verfahrenstechnik mit dem konventionellen Teilspaltenboden konkurrieren. Vor allem der Aufwand für die Bearbeitung des Bettes konnte vereinfacht und weiter reduziert werden. Die dafür notwendigen speziellen Schwenktore sind entwickelt und praxisreif.

Vorteile

- Vollständige Güllenfremdheit
- Massenreduktion durch die Wasserverdunstung zirka 50% im Vergleich zu Systemen mit unverdünnter Vollgülle
- Reduzierte Geruchsentwicklung
- Endprodukt mit hohem TS-Gehalt ermöglicht Transport in Mangelregionen oder eine ausserlandwirtschaftliche Verwendung
- Höheres Wohlbefinden der Tiere als auf Festboden, mehr artgemässes Verhalten (zum Beispiel Wühlen) möglich
- Geringere Ansprüche an das Winterstallklima wegen warmer Bodenverhältnisse
- Kompostbett funktioniert auch in einem natürlich belüfteten, wenig isolierten Gebäude; System deshalb auch für das Umnutzen von bestehenden Gebäuden geeignet
- Durch den Zweiflächencharakter der Buchten und das bessere Wohlbefinden der Tiere erfüllt das System einige Voraussetzungen für das Direktzahlungsprogramm «Besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme» (BTS). Die definitive Zulassung zu diesem Programm steht noch aus.

Nachteile

- Hohe gasförmige N-Verluste
- Stickstoffeffizienz ist deutlich schlechter als bei einem güllenföhrnden Haltungssystem. Pro Mastplatz gehen

rund 2 kg N_{tot} verloren im Vergleich zum Güllensystem

- Der Kompoststall ist aus diesem Grund nur bedingt als umweltverträglich zu beurteilen
- System eignet sich vor allem für die Trockenfütterung. Einzelne Beispiele in Kombination mit Flüssigfütterung sind bekannt, funktionieren aber nur unter besonderen Voraussetzungen
- Im Sommer bei mangelnder kühlender Festfläche Hitzestress möglich. Ein Duschensystem zu dessen Reduktion wird empfohlen
- Ein höherer Infektionsdruck vom Sägemehlbett wird vermutet. Aus hygienischen Überlegungen wird empfohlen, das Kompostbett halbjährlich zu wechseln.

Empfehlungen

Regelmässiger Unterhalt des Bettes fördert die biologische Aktivität, die Verdunstungsleistung und die Sauberkeit des Bettes. Die dafür notwendigen **Massnahmen** und der **Materialfluss** sind bekannt:

- Sägemehl ist bezüglich technologischen Eigenschaften Hackschnitzel und Stroh überlegen
- Der Sägemehlbedarf liegt im Bereich von 1 bis 1,5 kg/kg Zuwachs, pro Jahr und Mastplatz bedeutet dies insgesamt 1 bis 1,7 m³ Sägemehl
- Eine Betttiefe von 45 bis 50 cm reicht aus
- Zweiwöchentliches Umsetzen reicht für eine befriedigende Entwicklung der Betttemperatur aus
- Gründliches horizontales Austauschen von Material der Kotstellen mit solchem von trockeneren Zonen ergibt einen ausreichenden Mischeffekt
- Weitere Steuerungsmassnahmen bei kritischen Bettverhältnissen: häufigeres Umsetzen, intensives Mischen mit rotierenden Geräten, teilweiser Ersatz von stark verschmutztem Bettmaterial durch neues Sägemehl
- Einsatz von Bioaktivator ist nicht erforderlich, weil ohne Einfluss auf die Temperaturentwicklung
- Pro Mastschweineplatz fallen 600 bis 800 kg Kompost mit einem TS-Gehalt von 35 bis 45% an
- P und K liegen im Verhältnis 1:1 vor, wie bei der Schweinegülle. Der Anteil an N_{tot} ist dagegen deutlich tiefer, insbesondere auch der leicht verfügbare N-Anteil

- Der Kompost gilt vor allem als PK-Grunddünger, als Bodenverbesserungsmittel und als langsam fließende Nährstoffquelle.

Literatur

- Arkenau E. F., Kaiser S. und Van den Weghe H., 1997. Kompoststall im Test. 52. Jahrgang Landtechnik 4/7, S. 198–199.
- Bieri M., Kaufmann R., Heller W. und Berner A., 1998. Qualitätsbestimmungen von Schweinemist-Kompost. Agrarforschung 5 (1). S. 33–36.
- Böhmer M. und Hoy St., 1993. Untersuchungen zum agonistischen Verhalten, zur Beschäftigung und zum Abliegeverhalten von Mastschweinen bei Haltung auf Tiefstreu mit mikrobiell enzymatischer Einstreubehandlung bzw. auf Vollspaltenboden. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemässen Tierhaltung. KTBL-Schrift Nr. 61. S. 264–273.
- Verordnung des EVD über besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme vom 28. Februar 1997. SR 910.132.4. Bern.
- Groenestein M. und Van Faassen H.G., 1996. Volatilization of Ammonia, Nitrous Oxide and Nitric Oxide in Deep-litter Systems for Fattening Pigs. Journal agric. Engng Res. 65. S. 269–274.
- Hesse D., 1995. Dusche gegen Wärmestress. top-agrar 8/95.
- Hilty R. und Herzog D., 1996. Preisbaukasten – Baukostensammlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude. FAT, Tänikon.
- Hoy St., Kaczmark J. und Ehser U., 1992. Fattening performance and animal health of keeping fattening pigs on a deep litter system with additives or on slatted floor. In: Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, 21./22. Sept. 1992, Research Inst. Pig Husbandry. Rosmalen.
- Hoy St., Willig R. und Buchholz I., 1992. Results from continuous measurements of ammonia in keeping fattening pigs on a deep litter system with additives in comparison with housing on slatted floor. In: Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, 21./22. Sept. 1992, Research Inst. Pig Husbandry. Rosmalen.
- Hoy St. und Stehmann R., 1994. Hygienische Aspekte der Tiefstreuhaltung von Mastschweinen mit mikrobieller-enzymatischer Einstreubehandlung. Der praktische Tierarzt 6/1996. S. 495–504.
- Jakob P., 1987. Schweinemast im nichtwärmegedämmten Offenfrontstall auf Tiefstreu. FAT-Schriftenreihe Nr. 28. Tänikon.
- Kaiser St. und Van den Weghe H., 1997. Kompoststall für Mastschweine. – Einfluss verschiedener Einstreumaterialien auf den Kompostierungsprozess. 52. Jahrgang Landtechnik 3/97. S. 148–149.
- Kaufmann R., 1994. Kompoststall für Mastschweine – Zwischenbilanz aus verfahrenstechnischer Sicht. FAT-Berichte Nr. 450. Tänikon.
- Kaufmann R., Heller W. und Bieri M., 1997. Nährstoffbilanz im Kompoststall für Mastschweine. Agrarforschung 4 (1). S. 25–28.
- Kay R.M., 1992. The performance and environment of pigs reared on deep sawdust beds compared with pigs reared on a conventional fully-flatted slurry system In: Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, 21./22. Sept. 1992, Research Inst. Pig Husbandry. Rosmalen.
- Meier U., 1994. Untersuchung über den Einsatz eines Bioaktivators (Envi-Stim®) in der Mastschweinehaltung auf TiefstreuKompost. Interner Bericht. FAT, Tänikon.
- Menzi H., Frick R. und Kaufmann R., 1997. Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Schriftenreihe der FAL Nr. 26. Reckenholz.
- Nicks B., Marlier A. und Canart B., 1994. Comparaison des températures de litières et des niveaux de pollution de l'air lors de l'engraissement de porcs sur litière biomaitrisées à base de sciure ou de paille hachée. Journées Recherche Porcine en France, 26. S. 85–90.
- Nicks B., Désiron A., Canart B. und Pluymers T., 1996. Influence du type de sciure et d'un traitement des porcs aux antibiotiques sur l'évolution de la température dans les litières biomaitrisées. Journées Recherche Porcine en France, 28. 4p.
- Schmidlin A., 1993. Gutachten über die Geruchssituation des Betriebes G. in S. (nicht öffentlich). FAT, Tänikon.
- Stumpf S., 1994. Beobachtungen zu Thermoregulation und Beschäftigung bei Mastschweinen in Kompoststall. Interner Bericht. FAT, Tänikon.
- Sydler T., 1994. Bericht zur Untersuchung von Schlachtungen aus dem Kompoststallversuch bezüglich Häufigkeit und Bedeutung der Aspiration von Fremdmaterial. Interner Bericht. Inst. für Veterinärpathologie der Universität Zürich.
- Tam N., Tiquia S. und Vrijmoed L. Nutrient transformation of pig manure under pig-on-litter system. In: The science of composting. S. 96–105.
- Walter U., Menzi H., Ryser J.-P., Flisch R., Jeangros B., Kessler W., Maillard A., Siegenthaler A.F. und Vuilloud P.A., 1994. Hofdüngernormen. In: «Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau», LBL, Lindau.